

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**COREA DEL SUR, PAÍS CON ALTOS NIVELES DE  
CONTAMINACIÓN. CREACIÓN DE UN PROGRAMA DE  
MEDIDAS CORRECTIVAS.**



**Memoria y Anexos**

**Autor:** Marc De las Heras  
**Director:** Josep Coll  
**Convocatoria:** octubre 2019

## Resum

En aquest treball de fi de grau, s'ha realitzat un estudi d'un dels problemes polítics i socials de major importància que té actualment Corea del Sud: la contaminació. Per a tractar aquest tema de forma adequada, s'ha començat el treball realitzant una introducció bàsica al país a estudiar, parlant d'aspectes importants com la demografia, l'economia, la història i la cultura. D'aquesta manera el lector pot identificar ràpidament la situació actual del país i els seus antecedents, per a tenir una idea global i poder afrontar la qüestió de la contaminació amb certa perspectiva.

Tot seguit, s'ha descrit amb profunditat el problema de la contaminació a escala global, explicant els tipus de contaminants, els antecedents, la situació actual i l'impacte que té en la societat. També s'han detallat les causes del problema i les mesures que actualment s'estan realitzant per a disminuir l'efecte que té la pol·lució. Cal tenir en compte que aquest treball de fi de grau es centra exclusivament en la contaminació atmosfèrica.

Per últim, s'ha proposat un programa de mesures correctives per a reduir la contaminació, en el que s'han descrit amb detall varies propostes que, correctament aplicades, contribuirien considerablement en la reducció del problema.

## Resumen

En este trabajo de fin de grado, se ha realizado un estudio de uno de los problemas políticos y sociales de mayor importancia que tiene actualmente Corea del Sur: la contaminación. Para tratar este tema de forma adecuada, se ha comenzado el trabajo realizando una introducción básica en el país a estudiar, hablando de aspectos importantes como la demografía, la economía, la historia y la cultura. De esta manera el lector puede identificar rápidamente la situación actual del país y sus antecedentes, para tener una idea global y poder afrontar la cuestión de la contaminación con cierta perspectiva.

A continuación, se ha descrito con profundidad el problema de la contaminación a escala global, explicando los tipos de contaminantes, los antecedentes, la situación actual y el impacto que tiene en la sociedad. También se han detallado las causas del problema y las medidas que actualmente se están realizando para disminuir el efecto que tiene la polución. Hay que tener en cuenta que este trabajo de fin de grado se centra exclusivamente en la contaminación atmosférica.

Por último, se ha propuesto un programa de medidas correctivas para reducir la contaminación, en el que se han descrito con detalle varias propuestas que, correctamente aplicadas, contribuirían considerablemente en la reducción del problema.

## Abstract

In this bachelor thesis, a study has been made about one of the most important political and social problems that South Korea currently faces: pollution. To deal with this issue correctly, this thesis has begun with a basic introduction of the country being studied, talking about important aspects such as demography, economy, history and culture. Like this, the reader can quickly identify the current situation of the country and its antecedents, to have a global idea and to be able to face the issue of the contamination with a certain perspective.

After that, the problem of the pollution on a global scale has been described in depth, explaining the types of pollutants, the background, the current situation and the impact it has on society. The causes of the problem and the measures currently being taken to reduce the effect of pollution have also been detailed. It should be kept in mind that this end-of-grade project focuses exclusively on air pollution.

Finally, a program of corrective measures to reduce pollution has been designed, in which several proposals have been described in detail, which, correctly applied, would contribute considerably to the reduction of the problem.

## Glosario

AQA: Air Quality Agreement

BEV: Battery Electric Vehicle

CLRTAP: Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution

CNG: Compressed Natural Gas

CO: Óxido de carbono

Corea: Corea del Sur / República de Corea

DALY: Disability-Adjusted Life Year

EANET: Acid Deposition Monitoring Network in East Asia

EC: Energy Conservation

EV: Electric Vehicles

FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle

HEV: Hybrid Electric Vehicle

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

IVA: Impuesto sobre el Valor añadido

LNG: Liquefied Natural Gas

LPG: Liquid Petroleum Gas

LTP: Long-range Transboundary Air Pollutants in Northeast Asia

MHEV: Mild Hybrid Electric Vehicle

NO<sub>2</sub>: Dióxido de nitrógeno

NO<sub>x</sub>: Óxidos de nitrógeno



O<sub>3</sub>: Ozono

OMS: Organización Mundial de la Salud

PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle

PM: Particulate Matter (Materia Particular)

SO<sub>2</sub>: Dióxido de azufre

SLCP: Short-Lived Climate Pollutants

TCAC: Tasa de Crecimiento Anual Compuesto

TEMM: Tripartite Environmental Ministers Meeting

TIC: Tecnologías de la información y la comunicación

UNECE: United Nations Economic Commission for Europe

VAT: Value Added Tax



# Índice

<b>RESUM</b>	
<b>RESUMEN</b>	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>II</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>III</b>
<b>1. PREFACIO</b>	<b>1</b>
1.2. Origen del trabajo.....	1
1.3. Motivación.....	1
1.4. Requerimientos previos .....	2
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
2.1. Objetivos del trabajo .....	3
2.2. Alcance del trabajo.....	4
<b>3. INTRODUCCIÓN A COREA DEL SUR</b>	<b>5</b>
3.1. El país de Corea del Sur .....	5
3.2. Ciudades importantes .....	7
3.3. Historia.....	7
3.4. Economía .....	8
3.5. Cultura .....	9
<b>4. EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN</b>	<b>10</b>
4.1. ¿Qué es la contaminación? .....	10
4.1.1. Tipos de contaminación .....	10
4.2. Contaminación atmosférica .....	11
4.2.1. Causantes y principales contaminantes.....	11
4.3. Historia de la contaminación. ¿Cuándo empezó el hombre a causar contaminación?	14
4.4. ¿Cómo han evolucionado las emisiones de SO <sub>2</sub> ? .....	14
4.5. ¿Cómo han evolucionado las emisiones de ozono O <sub>3</sub> y de materia particular PM <sub>2.5</sub> ?	16
4.6. Tasas de mortalidad por contaminación del aire .....	18
4.7. El futuro de las emisiones globales de SO <sub>2</sub> .....	24
4.8. La curva ambiental de Kuznets en la contaminación del aire .....	25



4.9.	El vínculo entre las emisiones y las concentraciones locales.....	26
4.10.	Explicación de las tasas de mortalidad .....	27
4.11.	Los países más ricos tienden a tener menores tasas de mortalidad por contaminación del aire .....	29
<b>5.</b>	<b>CONTAMINACIÓN EN COREA DEL SUR .....</b>	<b>30</b>
5.1.	Situación del país.....	30
5.1.1.	Clasificación mundial según polución .....	30
5.1.2.	Evolución de la contaminación.....	30
5.1.3.	Impacto de la contaminación en la sociedad .....	33
5.1.4.	Fuentes de polución .....	33
<b>6.</b>	<b>VISIÓN PERSONAL, INTERESES Y SOLUCIONES ACTUALES .....</b>	<b>35</b>
6.1.	Visión personal de la problemática.....	35
6.2.	¿Quién gana con la polución? .....	37
6.3.	Visita feria ambiental .....	40
6.4.	Soluciones hoy en día .....	42
<b>7.</b>	<b>PROGRAMA DE MEDIDAS CORRECTIVAS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN EN COREA DEL SUR .....</b>	<b>43</b>
7.1.	Reducción de las emisiones debidas a fuentes locales .....	44
7.1.1.	Aumentar la regulación de los coches diésel.....	44
7.1.2.	Favorecer y promocionar la compra de vehículos respetuosos con el medio ambiente .....	45
7.1.3.	Aplicar medidas a las 59 plantas de generación eléctrica que funcionan con carbón que hay en el país .....	47
7.1.4.	Aumentar la utilización de fuentes respetuosas con el medio ambiente.....	48
7.1.5.	Cambiar los buses antiguos por buses que funcionen que gas natural comprimido o electricidad .....	48
7.2.	Reducción de las emisiones debidas a fuentes externas .....	49
7.3.	Aumentar la concienciación nacional .....	51
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>55</b>
	<b>PRESUPUESTO Y/O ANÁLISIS ECONÓMICO .....</b>	<b>58</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>60</b>



# **1. Prefacio**

## **1.2. Origen del trabajo**

La elección de este trabajo se debe a que durante el periodo de realización del proyecto me encuentro residiendo en el país que se nombra en el título del trabajo, Corea del Sur.

El hecho de que fuera a vivir a Corea del Sur se decidió con anterioridad a la elección del título del trabajo. Teniendo en cuenta este hecho, siempre traté de enfocar mi trabajo en un tema de actualidad y de gran calibre que se estuviese produciendo actualmente en el país.

Tras haber discutido varias propuestas de títulos para el trabajo, finalmente concluí que el asunto de la contaminación es uno de los problemas más grandes que tiene este país, por eso consideré oportuno e interesante estudiarlo con más profundidad.

## **1.3. Motivación**

El hecho de ir a residir a Corea del Sur, país conocido por su fuerte industria de la electrónica y su recuperación económica sin precedentes durante los últimos 30 años, me hizo cambiar la visión de lo que tenía pensado que iba a ser mi trabajo de fin de grado en un momento inicial.

Me propuse y me obligué a enfocar en algún gran asunto relacionado con el país, ya que iba a estar allí de forma presencial. Inicialmente, consideré enfocar en un ámbito empresarial, pero era demasiado pronto para tener un tema seguro y viable, así que opté por tratar el asunto de la contaminación.

Tal y como veremos con datos a lo largo del trabajo, se estima que la contaminación influye en la muerte de casi 5 millones de personas al año, cifra que considero que es digna de reflexionar. Teniendo en cuenta varios datos parecidos a este y una previa búsqueda de información al respecto, decidí explorar el asunto de la contaminación en Corea del Sur, para poder estudiarlo y sacar mis propias conclusiones.

## 1.4. Requerimientos previos

Para poder tratar adecuadamente la problemática de la contaminación en un país determinado, es muy preferible estar presencialmente en el mismo país. El hecho de estar residiendo en Corea del Sur me ha permitido vivir la problemática de la polución en primera persona. Este hecho también me ha permitido poder hablar directamente con personas locales, para ver su punto de vista respecto al problema. También he podido experimentar hechos asociados a la polución, como por ejemplo no ver el sol durante una semana debido a la contaminación.

Para la realización de este proyecto, ha sido necesario tener claros los principios de la contaminación y de cómo esta nos afecta hoy en día, para poder dar una visión clara y concisa. Los conocimientos que he adquirido a lo largo de mis estudios me han permitido entender los conceptos nuevos de una forma rápida y sencilla, además de usar el razonamiento crítico adquirido durante estos años para sacar conclusiones y tener una visión global de un problema concreto.

## 2. Introducción

Actualmente, desde un punto de vista global, se podría considerar que los principales problemas que tiene el planeta tierra son los siguientes: el hambre en el mundo, la desigualdad, la contaminación, el acceso al agua potable y los conflictos (bélicos y económicos).

En este trabajo se estudia uno de los 5 grandes problemas, el de la contaminación. Concretamente, este trabajo se centra en la contaminación atmosférica en Corea del Sur. Es necesario destacar que durante la redacción de este trabajo me encuentro residiendo en el país que se estudia, Corea del Sur.

Para poder tratar correctamente este asunto, se ha empezado el trabajo realizando una introducción al país, para que el lector pueda tener una visión global de la situación. El siguiente paso ha sido explicar el asunto de la contaminación a nivel mundial – entrando ya en materia más específica – definiendo los principales actores que la crean, su historia, estado actual y previsión de futuro. También se han remarcado los efectos directos que tiene la polución en las personas, además de los países más y menos afectados.

Tras haber explicado estos asuntos, este trabajo se ha centrado en la contaminación atmosférica en Corea del Sur. Se han estudiado los antecedentes, la situación actual y se ha dado una visión personal de la problemática. Además, se ha creado un programa de medidas correctivas, en el que se han propuesto varias acciones que el gobierno de Corea del Sur podría adoptar para tratar el asunto de la contaminación atmosférica de una forma más adecuada y eficiente.

### 2.1. Objetivos del trabajo

Los objetivos más remarcables de este trabajo son los siguientes:

- Dar un conocimiento básico de Corea del Sur, explicando su localización, historia, cultura y economía
- Explicar la problemática actual de la contaminación a nivel global, para que el lector tenga una idea general de la situación
- Estudiar el asunto de la contaminación atmosférica en Corea del Sur, estudiando el pasado, presente y futuro de las emisiones.
- Dar una visión personal del hecho de vivir con contaminación diariamente



- Crear un programa de medidas correctivas para frenar la contaminación de cara al futuro en Corea del Sur

## **2.2. Alcance del trabajo**

Al encontrarme físicamente en Corea del Sur durante la realización de este proyecto, se ha querido tratar uno de los grandes problemas que tiene la sociedad coreana – y una gran cantidad de países - desde un punto de vista local. En este trabajo se aborda el asunto de la contaminación a una escala global, aunque siempre se centra y se profundiza el tema específico de la contaminación atmosférica, ya que es la que impacta de una forma más directa en la sociedad. Este trabajo se centra en Corea del Sur, ya que tal y como se ha mencionado previamente, me encuentro residiendo en el país durante la realización de este trabajo. Se ha hecho una introducción al país y se ha profundizado sobre su situación respecto a la contaminación.

Es necesario remarcar que en este proyecto se ha realizado un programa de medidas correctivas para reducir los efectos de la contaminación atmosférica en Corea del Sur durante los próximos años. El autor considera que este programa de medidas podría ser perfectamente aplicado por el gobierno del país en cuestión. Y, por tanto, se quiere remarcar la viabilidad y eficiencia real de estas propuestas.

### 3. Introducción a Corea del Sur

#### 3.1. El país de Corea del Sur

Corea del Sur, oficialmente nombrado la República de Corea, es un país localizado en la zona este de Asia, tal y como se puede ver en la Figura 3.1. Se encuentra en el sur de la península de Corea, y hace frontera en el norte con la República Democrática de Corea, conocida como Corea del Norte. Al este del país se encuentra el mar de Japón, al sur el mar de China, que le separa de Japón, y al oeste el mar Amarillo. Su territorio comprende la mitad sur de la península de Corea incluyendo unas tres mil islas que la rodean (ver Figura 3.2).

Aproximadamente la mitad de la población del país vive en su capital, Seúl, y en su zona metropolitana, que es una de las más pobladas del mundo. Corea del sur tiene una población de 51,47 millones de habitantes, y una superficie de 100.363km<sup>2</sup>.



**Figura 3.1.** Localización global de Corea del Sur (Fuente: <https://www.google.com/maps>)



Figura 3.2. Mapa de Corea del Sur (Fuente: <https://www.lonelyplanet.com/maps/asia/south-korea/>)

Corea del Sur es un país de contrastes, ya que en su día a día se combina tecnología de última generación con una cultura antigua y jerárquica. Independientemente del hecho de que Corea del Sur es el país más conectado del mundo y de que su población tiene un estilo de vida relativamente moderno, los valores del confucianismo están presentes en sus vidas diarias. Estos valores tienen un grandísimo impacto en su sociedad, ya que define las relaciones entre las personas, el sistema moral y su sistema legal y administrativo.

En Corea del Sur la moneda oficial es el Won Coreano (₩) y su idioma oficial es el coreano, formado por un alfabeto que tiene 21 vocales y 30 consonantes. Las mayores religiones son el cristianismo (27,6%) y el budismo (15,5%), aunque la mayor parte de la población se declara sin afiliación religiosa (56,9%).

Corea del Sur es un país pobre en recursos naturales. Esta es una de las grandes razones por las que su sociedad anima a las nuevas generaciones a estudiar para ser científicos, ingenieros, programadores, doctores, diseñadores, etc. El gran énfasis en la ciencia y la producción, empujado desde la liberación del comercio internacional cuando el presidente Park Chung Hee desarrolló las estrategias para hacer evolucionar al país a final de los años sesenta, ha convertido a Corea en un país enfocado en la exportación.

Corea es considerado uno de los países con mayor éxito en educación, calidad de los servicios médicos y en la facilidad para hacer negocios. Hoy en día, Corea es el mayor exportador de equipos de telecomunicaciones (Samsung, LG), barcos, automóviles (KIA, Hyundai) y semiconductores. Corea es también uno de los países más conectados del mundo, donde un 88,9% de la población tiene acceso a Internet.



### 3.2. Ciudades importantes

Las ciudades más importantes de Corea del Sur son Seúl, Busan, Incheon, Daegu, Daejeon y Gwangju. La capital del país, Seúl, tiene una población total de 25 millones de habitantes, teniendo en cuenta su área metropolitana. Seúl es una ciudad repleta de negocios de una gran variedad de industrias.

Busan, ubicada en la costa sureste, es la segunda ciudad más grande de Corea del Sur y está considerada como el centro de logística marina, ya que tiene el quinto puerto más grande del mundo. Además de una gran infraestructura de transporte, Busan es una ciudad muy orientada a la I+D con cientos de institutos de investigación.

Incheon es la tercera área urbana más grande de Corea del Sur y es un centro de negocios, transporte y tecnología. Incheon y especialmente el área de Songdo, conocida como el "Silicon Valley" de Corea del Sur, es una excelente área para hacer negocios desde que se encuentra allí la primera Zona Económica Libre de Corea del Sur. El gobierno coreano ha hecho que sea más fácil hacer negocios en Songdo para convertir a la ciudad en uno de los principales centros de negocios internacionales en el noreste de Asia. Por ejemplo, es la única ciudad de Corea del Sur donde el inglés es el idioma oficial de los documentos gubernamentales.

### 3.3. Historia

Los surcoreanos están muy orgullosos y conscientes de su posición como una de las principales economías del mundo. La fuerte estima nacional tiene sus raíces en la dura historia del país. Corea del Sur ha sufrido la opresión de los dos países vecinos, Japón y China, y pasó por una sangrienta guerra civil. Los coreanos han tenido que luchar para llegar a expresar su propia cultura y lengua, transformando su país de la pobreza de la posguerra a una de las economías más grandes del mundo en medio siglo. Este fenómeno a menudo se describe como "el milagro del río Han".

Hoy en día, Corea del Sur es uno de los países más democráticos de Asia. Las cifras del indicador de desarrollo mundial muestran que el PIB de Corea del Sur ha tenido tasas de crecimiento mayores que cualquier otro país, en cada década desde los años 60. Según lo informado por El Banco Mundial el "Ingreso per cápita" de Corea del Sur aumentó casi 250 veces en 50 años, de \$110 en 1962 a \$27.440 en 2015. Estas cifras demuestran que Corea del Sur es una de las mayores economías del mundo. Además, es importante destacar que todo este crecimiento

asombrosamente rápido ha ocurrido en un país que carece recursos naturales y que se encuentra geopolíticamente en una situación muy incierta.

### 3.4. Economía

La economía coreana está orientada a la exportación y es muy dependiente de los grandes conglomerados, llamados *chaebols* (재벌), como por ejemplo Samsung, LG, Hyundai y Lotte. Los sectores líderes en Corea del Sur son los siguientes: electrónica, automóvil, TIC, petroquímico, semiconductor, siderúrgico y naval. En enero de 2018, Corea del Sur se clasificó como el país más innovador del mundo en el índice de Innovación de Bloomberg, por quinto año consecutivo.

Corea del Sur es el tercer país del mundo, detrás de Estados Unidos y Japón, con más patentes otorgadas, y segundo en las categorías de I+D y generación de valor agregado. Tal y como indicó el informe del índice de innovación de Bloomberg de 2015, la capacidad de obtener patentes podría ser una de las claves principales para que Corea del Sur se encuentre en una buena posición económica y en el top ranking mundial de la ciencia y la alta tecnología.

Sin embargo, se espera que el crecimiento económico se desacelere en los próximos años, como en muchas otras economías avanzadas. En este momento casi la mitad del PIB proviene de la exportación, bienes y servicios.

Los mayores mercados de exportación para Corea del Sur son China y Estados Unidos. Algunos inversores especulan que el hecho de que China es una de las principales fuentes del crecimiento ya que es un gran exportador de productos coreanos, ha afectado el crecimiento de forma negativa porque ha dado la oportunidad para que las empresas de China copien los productos y luego los vendan a un precio notablemente más bajo. China se ha convertido en un importante competidor para Corea del Sur, ya que en los últimos años reducido drásticamente la exportación de Corea a otros terceros países como Japón y Estados Unidos.

En los últimos años, Corea del Sur se ha clasificado en los primeros puestos en las telecomunicaciones, Big Data, el internet de las cosas y las industrias de computación cuántica. Por ejemplo, en 2015, más del 14% de todas las patentes internacionales de esos campos se contabilizaron Corea del Sur.

### 3.5. Cultura

” La antigua sabiduría del taoísmo convive con la tecnología más avanzada. La gente ama el estilo de vida occidental, pero, sin embargo, ha conservado muchas costumbres que los extranjeros no comprenden bien” (Brightside 2017). El estatus social y los títulos personales, así como el éxito financiero y la riqueza son aspectos altamente valorados en la tradición confuciana de la Corea moderna. Actualmente, los valores confucianos siguen presentes en todos los aspectos de la vida coreana. Los coreanos demuestran un gran respeto hacia la jerarquía y el estado, y eso se puede ver reflejado, por ejemplo, en la estructura de su idioma. En su lenguaje, existen varios niveles de expresar formalidad según el estatus de la persona con la que se está hablando (jefe, persona mayor, desconocido, etc.) Los coreanos suelen quedar impresionados si un extranjero puede hablar un poco de coreano, pero si dicho extranjero decide usarlo como el idioma principal de comunicación, debe asegurarse que lo habla usando el tono formal. También se deben sustituir las palabras señor y señora con sus respectivos títulos profesionales para mostrar respeto, especialmente cuando se habla de/sobre una persona mayor o una persona que está en una posición superior a la tuya. Por ejemplo, al hablar con el director de una empresa, cuyo el apellido es Yoo, te debes dirigir a él/ella como Director Han en lugar de Mr. Han.

## 4. El problema de la contaminación

### 4.1. ¿Qué es la contaminación?

La contaminación, también llamada polución, es la adición de cualquier sustancia (en estado sólido, líquido o gas) o cualquier forma de energía (como calor, sonido o radioactividad) en un ambiente a un ritmo más acelerado respecto a lo que tarda en dispersarse, diluirse, descomponerse, reciclarse o almacenarse de una forma no dañina para el ambiente.

#### 4.1.1. Tipos de contaminación

Existen distintas maneras de clasificar la contaminación. En este trabajo se han realizado dos grandes clasificaciones de la contaminación: según el medio contaminado y según el medio de contaminación.

#### 1. Según el medio contaminado

**1.1. Contaminación atmosférica.** Consiste en la emisión de partículas contaminantes a la atmosfera, a través del aire. Los contaminantes más presentes en este tipo de contaminación son el CO<sub>2</sub> y el metano. Es la contaminación que se tratará con profundidad en este estudio, ya que es la que tiene un impacto mayor en Corea.

**1.2. Contaminación hídrica.** Consiste en la emisión de partículas contaminantes en ríos, mares o cualquier ambiente acuoso. Este tipo de emisiones provocan que el agua no sea apta para consumo humano y animal, además de dañar el ecosistema y la vida marítima. En muchas ocasiones este tipo de contaminación se debe al vertido de líquidos en ríos por parte de industrias.

**1.3. Contaminación de la tierra.** Consiste en la emisión de partículas contaminantes a la superficie terrestre. Mayoritariamente es causada por filtraciones de contaminantes en el suelo, y puede provocar alteraciones en el ecosistema.

#### 2. Según el medio de contaminación

**2.1. Contaminación radioactiva.** Producida por la liberación de material radiactivo. Se propaga y tiene impacto en cualquier medio.

**2.2. Contaminación térmica.** Producida por cambios de temperaturas que dan lugar a alteraciones no naturales en el ecosistema.

**2.3. Contaminación lumínica.** Producida por una emisión de luz, puede provocar cambios en los biorritmos en cualquier tipo de ser vivo, por ejemplo debido a la pérdida de noción del día o la noche.

**2.4. Contaminación acústica.** Debida a la emisión de sonidos que provocan una alteración a los seres que habitan el ecosistema.

**2.5. Contaminación electromagnética.** Debida a las ondas electromagnéticas provocadas por campos magnéticos de cualquier ámbito.

## 4.2. Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica, definida en el apartado anterior, es el tipo de polución más común y que afecta de forma más directa a las personas. Este tipo de contaminación del aire, formada por partículas en suspensión, conlleva a la presencia de molestias y riesgos para la salud de todos los seres vivos que se encuentran en el ambiente afectado.

### 4.2.1. Causantes y principales contaminantes

La contaminación del aire exterior se origina a partir de fuentes naturales y través del impacto humano sobre el medioambiente. Si bien las fuentes naturales contribuyen sustancialmente a la contaminación del aire en las regiones áridas más propensas a incendios forestales y/o tormentas de polvo, la contribución de las actividades humanas supera con creces la de las fuentes naturales.

Las actividades humanas que provocan la mayor cantidad de contaminación son las siguientes:

- **Combustión de vehículos de motor**, como por ejemplo coches, autocares y camiones.
- **Generadores de calor y energía**, como por ejemplo centrales eléctricas en las que se quema petróleo y/o carbón.
- **Instalaciones industriales**, como fábricas, extracciones en minas y refinerías de petróleo.
- **Residuos municipales y agrícolas e incineración de residuos.**
- **Cocinas residenciales, calefacción e iluminación con combustibles contaminantes.**

La mala planificación urbana, que conduce a la expansión y la excesiva dependencia del transporte privado, también es un factor importante en la aceleración de las emisiones contaminantes.

Las consecuencias adversas para la salud de la contaminación del aire pueden ocurrir como resultado de la exposición a corto y/o largo plazo. Los contaminantes con mayor evidencia de efectos en la salud son la **materia particulada (PM)** por sus siglas en inglés "*Particulate Matter*"), el **ozono (O<sub>3</sub>)**, el **dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**, el **dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)** y el **monóxido de carbono (CO)**. A continuación, se detalla cada contaminante:

- **Materia particulada (PM – *Particulate Matter*)**. La materia particulada son partículas inhalables y respirables compuestas de sulfato, nitratos, amoníaco, cloruro de sodio, carbón negro, polvo mineral y agua. Las partículas con un diámetro de menos de 10 micrones (PM<sub>10</sub>), incluidas las partículas finas de menos de 2,5 micrones (PM<sub>2.5</sub>), representan los mayores riesgos para la salud, ya que son capaces de penetrar los pulmones de las personas y entrar en el torrente sanguíneo de forma directa. Las fuentes de emisión de PM incluyen los motores de combustión (diésel y gasolina), la combustión de combustibles sólidos (carbón, lignito, petróleo pesado y biomasa) para la producción de energía en los hogares y la industria, así como otras actividades industriales (construcción, minería, fabricación de cemento, cerámica, ladrillos y fundición).
  - **Carbono negro (Black Carbon)**. Es considerado uno de los componentes más nocivos de la PM e impulsor del cambio climático, también clasificado como "contaminante climático de corta duración", que forman las siglas SLCP en inglés, "*Short-Lived Climate Pollutants*". Los SLCP persisten en la atmósfera durante un período más corto en comparación con el CO<sub>2</sub>. A pesar de su corta vida atmosférica, el carbono negro es de los mayores contribuyentes al calentamiento global después del CO<sub>2</sub>. También se sabe que disminuyen los rendimientos agrícolas y aceleran el derretimiento de los glaciares.
- **Ozono (O<sub>3</sub>)**. El ozono a nivel del suelo es uno de los componentes principales de la contaminación del aire y un riesgo clave para la salud relacionado con problemas respiratorios, asma, disminución de la función pulmonar y otras enfermedades respiratorias. Es un contaminante secundario, lo que significa que no se emite directamente. En su lugar, se produce cuando el monóxido de carbono (CO), el metano u otros compuestos orgánicos volátiles (COV) se oxidan en presencia de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y luz solar. Además de su función como precursores del ozono, los CO, los COV y los NO<sub>x</sub> son peligrosos contaminantes del aire. Las principales fuentes de NO<sub>x</sub> y COV incluyen las emisiones del escape de los vehículos

de motor, las instalaciones industriales y los solventes químicos. Las principales fuentes de metano incluyen los residuos y la industria agrícola y de combustibles fósiles. Aparte de sus impactos en la salud, el ozono troposférico es un contaminante climático de corta duración y uno de los gases de efecto invernadero más importantes.

- **Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>).** El dióxido de nitrógeno es principalmente emitido por fuentes de generación de energía industrial. Existe una creciente evidencia de que este contaminante puede aumentar los síntomas de la bronquitis y el asma, así como conducir a infecciones respiratorias y reducir la función pulmonar y el crecimiento. La evidencia también sugiere que el NO<sub>2</sub> puede ser responsable de la mortalidad prematura y la morbilidad por enfermedades cardiovasculares y respiratorias.
- **Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).** Se produce principalmente a partir de la quema de combustibles fósiles (carbón y petróleo) y la fundición de minerales que contienen azufre. La exposición al SO<sub>2</sub> afecta el sistema respiratorio y la función de los pulmones, y causa irritación en los ojos. La inflamación del sistema respiratorio debido al SO<sub>2</sub> puede agravar el asma y la bronquitis crónica, así como aumentar el riesgo de infección. El SO<sub>2</sub> también se combina con el agua en suspensión en el aire para formar ácido sulfúrico, el componente principal de la lluvia ácida.
- **Monóxido de carbono (CO).** Un gas incoloro e inodoro, que en niveles altos puede ser dañino para los humanos, ya que puede causar una disminución de la cantidad de oxígeno transportado en el torrente sanguíneo. Aunque las altas concentraciones de CO son más preocupantes en el interior de las viviendas, las emisiones al aire libre, particularmente en los países poco desarrollados, pueden ser altas. Las recientes evidencias también muestran que la exposición a largo plazo, aunque sea a bajas concentraciones, se asocia con una amplia gama de efectos en la salud. Las principales fuentes de CO ambiental incluyen el escape de los vehículos de motor y la maquinaria de quema de combustibles fósiles.

Aunque la mayoría de las emisiones de contaminación del aire ambiente provienen de fuentes locales o regionales, en ciertas condiciones atmosféricas, la contaminación del aire puede viajar largas distancias a través de las fronteras nacionales en escalas de tiempo de 4 a 6 días, lo que afecta a las personas que se encuentran lejos de su fuente original. Por ejemplo, el polvo arrastrado por el viento de las regiones desérticas de África, Mongolia, Asia Central y China puede transportar grandes concentraciones de partículas, esporas de hongos y bacterias que afectan la

salud y la calidad del aire en áreas lejos de su origen. El país que se está estudiando en este trabajo, Corea del Sur, sufre, en gran parte, la contaminación que produce China en ciudades como Pekín y Shanghái. Este tópico será estudiado con más profundidad en próximos apartados.

Por tanto, para solventar o reducir el problema de la contaminación, se necesita cooperación mundial para abordar los flujos internacionales y las fuentes de contaminantes del aire, complementarios a los esfuerzos locales y regionales en la gestión de la contaminación del aire.

### **4.3. Historia de la contaminación. ¿Cuándo empezó el hombre a causar contaminación?**

La contaminación del aire en espacios interiores (oficinas, viviendas, hoteles, etc.) es causada por la quema de combustibles – para cocinar o aislar el frío – y tiene una larga historia desde los inicios de la humanidad.

El uso del carbón como fuente de energía está relacionado directamente con la contaminación ambiental del aire. Se dispone de información de la producción e importación de carbón de las primeras ciudades que fueron industriales, como por ejemplo Londres, donde se tienen registros de emisiones de  $\text{SO}_2$  y concentraciones de humo desde 1500. Se suele asociar la contaminación del aire con el inicio de la revolución industrial, pero se sabe que la quema de carbón a menor escala (como en los hogares), provocando la emisión de  $\text{SO}_2$ , comenzó mucho antes.

La contaminación del aire surge en diversas formas, proporcionando una serie de parámetros con los que se miden y analizan los cambios a través del tiempo. Los datos históricos a largo plazo sobre la contaminación pueden ser difíciles de reconstruir o estimar; debido al gran número de contaminantes. Por tanto, el registro de datos globales se limita a las últimas décadas.

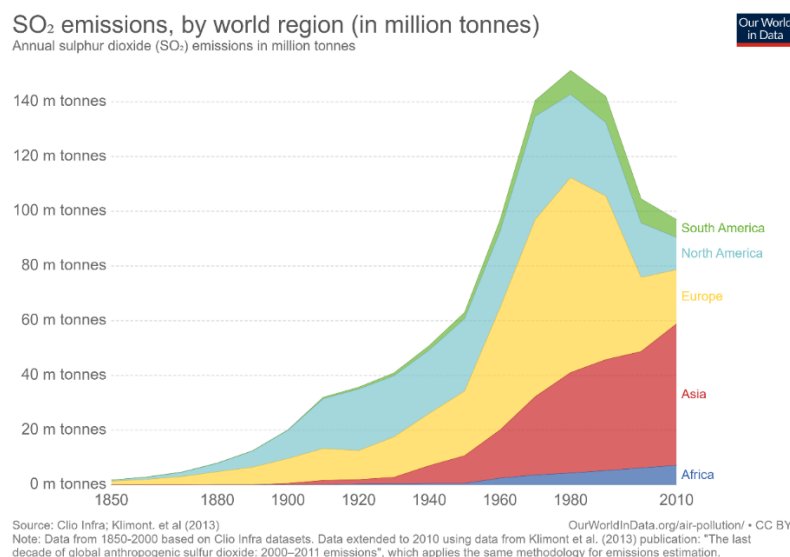
### **4.4. ¿Cómo han evolucionado las emisiones de $\text{SO}_2$ ?**

A nivel mundial, la reconstrucción histórica más extensa de las tendencias de contaminación se encuentra en el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), en el que nos centramos en este apartado. Las estimaciones de emisiones de  $\text{SO}_2$  se reconstruyen en el registro histórico basado en la producción de combustibles fósiles, las importaciones y los productos de procesamiento industrial; dichos datos de producción de energía existen a nivel nacional para la mayoría de los países, desde 1850.



Este es, por lo tanto, el límite histórico para la disponibilidad de información cuantitativa para las emisiones a nivel mundial y nacional.

La industrialización marcó un punto de transición clave en la magnitud de las emisiones de SO<sub>2</sub> como resultado de la quema a gran escala de combustibles que contienen azufre y el procesamiento industrial. La Figura 4.4 presenta el total de emisiones anuales de SO<sub>2</sub> por región del mundo, que se extiende desde 1850 hasta 2010.



**Figura 4.4.** Emisiones de SO<sub>2</sub> por regiones desde 1850 hasta 2010 (Fuente: <https://ourworldindata.org/>)

Europa fue la primera en ver un rápido aumento de la contaminación por azufre, seguida de cerca por América del Norte a mediados del siglo XIX. Impulsados por la creciente demanda de energía de la industrialización, las emisiones en Europa y América del Norte continuaron creciendo durante los siglos XIX y XX.

Pero entonces el aumento de las emisiones llegó a su fin. En América del Norte, las emisiones de SO<sub>2</sub> alcanzaron su punto máximo en 1970, en Europa en 1980 y en América del Sur una década más tarde. Desde entonces, las emisiones han estado en una tendencia a la baja en estas regiones. A principios del siglo XXI, las emisiones en América del Norte se encuentran en un nivel más bajo que en gran parte del siglo XX.

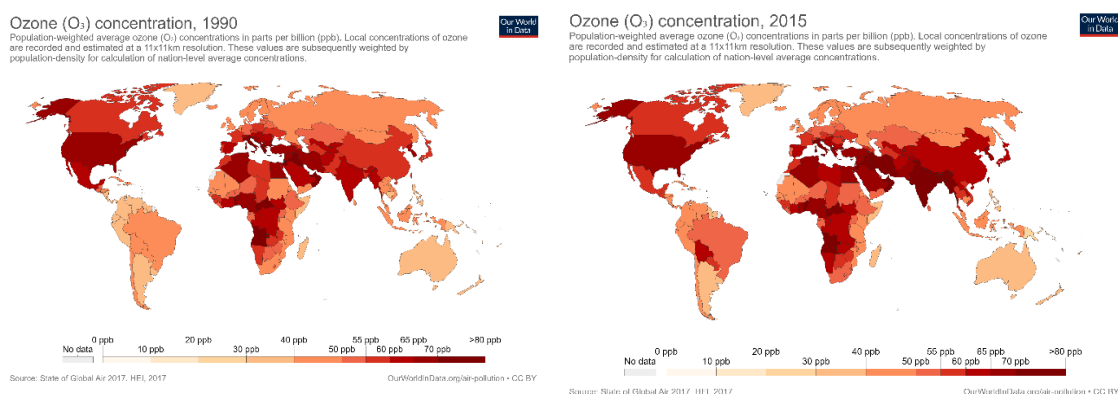
Con la excepción de Japón, la industrialización en América Latina, Asia y África comenzó mucho más tarde. El aumento de las emisiones de SO<sub>2</sub> en el resto del mundo se retrasó hasta el siglo XX. El SO<sub>2</sub>, como un subproducto de la energía y la producción industrial, está estrechamente

vinculado a la prosperidad. Por tanto, a pesar del aumento a lo largo del siglo XX, las emisiones per cápita de Asia y África fueron, y siguen siendo, pequeñas en relación con Europa y América del Norte. El predominio de Europa y América del Norte en las emisiones globales totales significa que las emisiones de SO<sub>2</sub> del mundo alcanzaron su punto máximo en la década de 1980, a pesar de un aumento continuo en los demás continentes.

Hoy en día, las tendencias regionales están divididas: las emisiones anuales de SO<sub>2</sub> en Europa y América continúan cayendo, mientras que las emisiones en Asia y África están aumentando.

#### 4.5. ¿Cómo han evolucionado las emisiones de ozono O<sub>3</sub> y de materia particular PM<sub>2.5</sub>?

Las estimaciones de *Ourworldindata* de las concentraciones de contaminación del aire en el plazo más cercano se extienden más allá del SO<sub>2</sub> a otros contaminantes clave, como por ejemplo el ozono (O<sub>3</sub>) y el PM<sub>2.5</sub>. Si bien las concentraciones de estos contaminantes se pueden medir a nivel del suelo, muchos países carecen de redes de monitoreo suficientes para hacerlo. Sin embargo, ahora se pueden medir buenas estimaciones de concentraciones de contaminantes utilizando una combinación de datos de satélites, modelos de medición aérea y condiciones meteorológicas locales, lo que nos brinda una cobertura a nivel global de la calidad del aire local, con alta precisión. En la Figura 4.5.1 se pueden ver las emisiones de O<sub>3</sub> en 1990 y en 2015.

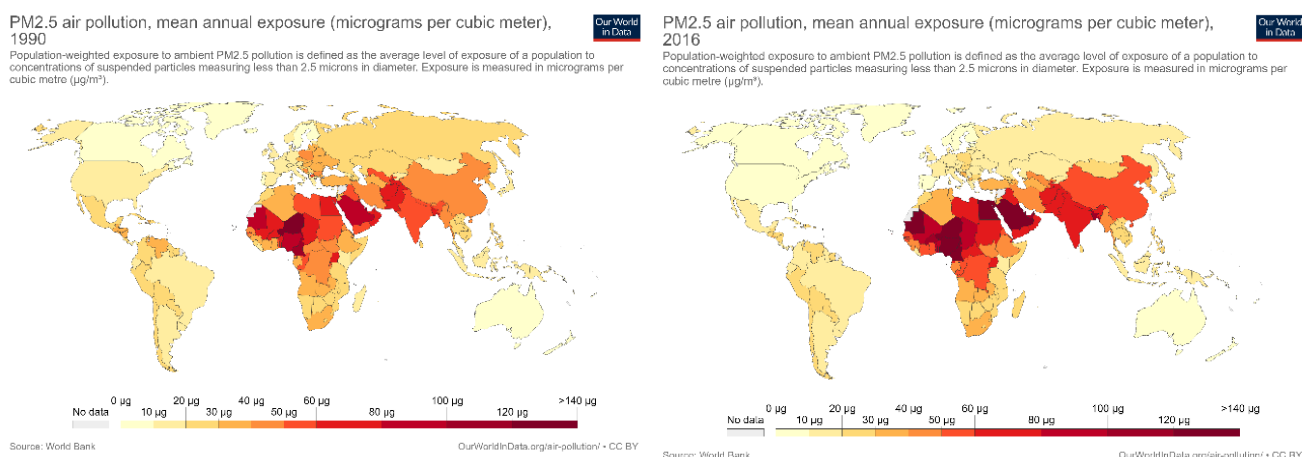


**Figura 4.5.1.** Emisiones de O<sub>3</sub> en 1990 y en 2015 (Fuente: <https://ourworldindata.org/>)

En este apartado nos centraremos en PM<sub>2.5</sub>, que es uno de los contaminantes del aire más preocupantes para la salud humana. Si bien una serie de contaminantes del aire pueden tener impactos negativos en la salud, existe una preocupación particular por las partículas más pequeñas

con un diámetro de menos de  $2.5\mu\text{m}$ , ya que pueden penetrar en los pulmones, impactando la salud respiratoria de forma directa.

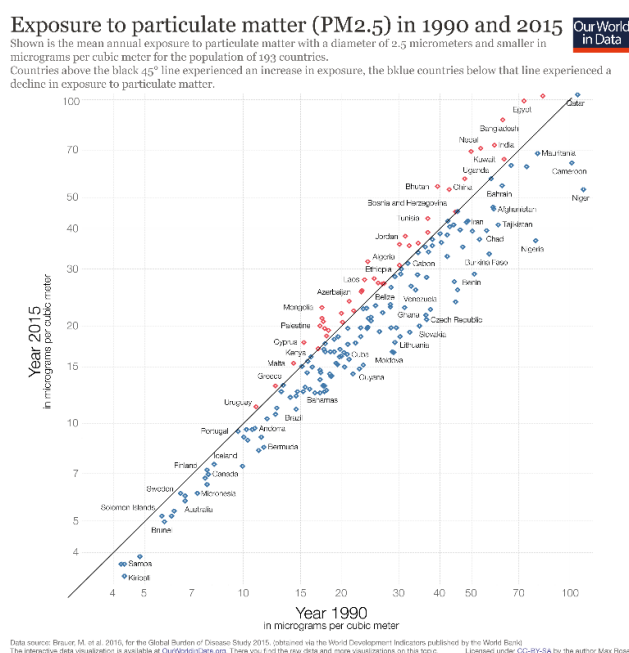
La exposición media anual de  $\text{PM}_{2.5}$ , en microgramos por metro cúbico, se muestra en la Figura 4.5.2.



**Figura 4.5.2.** Exposición mundial de  $\text{PM}_{2.5}$  en 1990 y en 2016 (Fuente: <https://ourworldindata.org/>)

En esta figura, se puede observar que existe una gran variación en la exposición dependiendo del país que se observa, habiendo grandes contrastes. En 2015, los países de Europa, América del Norte y Oceanía tuvieron niveles de  $5\text{-}10\mu\text{g}/\text{m}^3$ , esto es aproximadamente 15-20 veces menos que las concentraciones en Egipto y Arabia Saudita, que alcanzaron niveles máximos de  $105\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En la figura 4.5.3, podemos ver que en la mayoría de los países la exposición a  $\text{PM}_{2.5}$  está disminuyendo. Todos los países que se encuentran por debajo de la línea de  $45^\circ$ , que tienen un color azul en el aspecto visual, están obteniendo una disminución en la exposición a la materia particular.



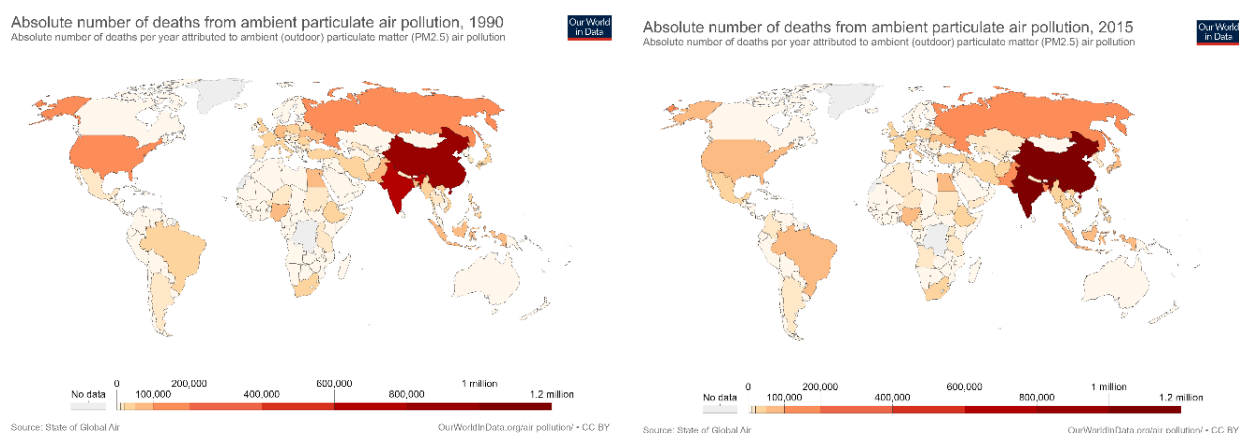
**Figura 4.5.3.** Exposición mundial de PM<sub>2.5</sub> en 1990 vs 2016 (Fuente: <https://ourworldindata.org/>)

## 4.6. Tasas de mortalidad por contaminación del aire

La Organización Mundial de la Salud estima que cada año mueren entre 4 y 5 millones de personas a causa de la contaminación ambiental al aire. ¿Cómo se distribuyen estas tasas de mortalidad y cómo han cambiado a través del tiempo?

En primer lugar, es importante remarcar las dificultades para atribuir directamente las muertes a la contaminación del aire. Una "muerte" por contaminación del aire se define como alguien que muere prematuramente (podría estar en el rango de meses o años) de lo que se esperaría en ausencia de contaminación del aire. En muchos casos, la contaminación del aire acentúa las enfermedades cardiorrespiratorias preexistentes; las personas que padecen asma, por ejemplo, son particularmente vulnerables. Los investigadores relacionan las concentraciones de contaminación con los riesgos para la salud utilizando relaciones empíricas de exposición-respuesta y su relación con las tasas de mortalidad.

La medición de números absolutos de muertes a partir de la contaminación del aire presenta varios inconvenientes. La primera es que el número absoluto de muertes como medida de la contaminación del aire no tiene en cuenta el tamaño de la población ni la demografía. Lógicamente, podríamos esperar que el número de muertes sea mayor en los países con poblaciones más grandes y que aumente según el crecimiento de la población. (Ver Figura 4.6.1)



**Figura 4.6.1.** Número absoluto de muertes debidas a la polución en 1990 y en 2015

(Fuente: <https://ourworldindata.org/>)

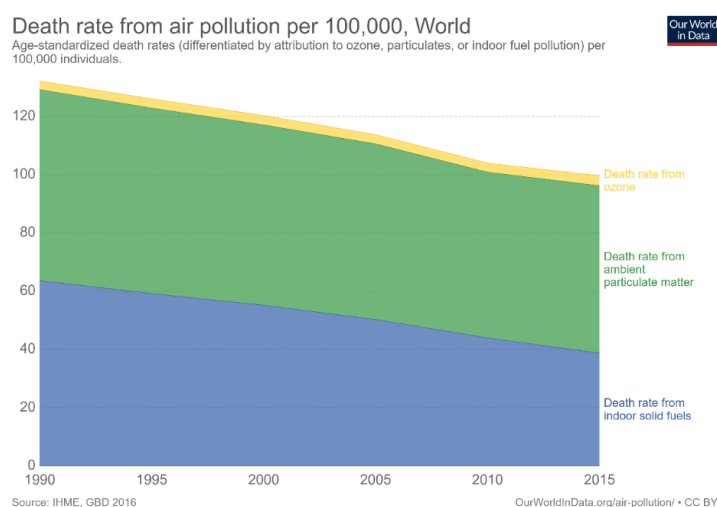
Una métrica que corrige estas variables es la tasa de mortalidad estandarizada por edad. Esta medida informa el número de muertes atribuidas a la contaminación del aire por cada 100.000 personas y se estandariza según la estructura de edad de la población. Por tanto, corrige el tamaño de la población y la demografía de la edad (es decir, asume las mismas características de la población en todos los países y a través del tiempo), lo que permite una comparación directa del riesgo de mortalidad entre los países.

Otro inconveniente de la cantidad de muertes es que no proporciona ninguna indicación de la edad de los individuos incluidos en estas estadísticas; por ejemplo, un niño que muere a causa de una enfermedad relacionada con la contaminación del aire se cuenta exactamente igual que una persona mayor que murió unos meses antes de lo esperado. Para tener en cuenta estas diferencias, se miden las tasas de morbilidad y mortalidad utilizando una métrica llamada "años de vida ajustados por discapacidad" (DALY, por sus siglas en inglés) perdidos. La métrica de pérdida de DALY mide la pérdida general de vida saludable como resultado de la contaminación del aire y se da como la suma del número total de años de vida perdidos por muerte prematura. Por tanto, un niño que muera a causa de una enfermedad relacionada con la contaminación registrará un mayor número de DALYs perdidos que un individuo de mayor edad.

Las enfermedades relacionadas con la contaminación pueden atribuirse a varias formas diferentes de exposición. Las tres fuentes principales de muertes por contaminación son la quema en interiores de combustibles sólidos (contaminación del hogar), la exposición al ozono ambiental exterior ( $O_3$ ) y la contaminación de partículas en el ambiente exterior (PM).

Antes de observar las tasas de mortalidad de  $PM_{2.5}$ , es necesario ver cómo han cambiado las tasas de mortalidad de las tres grandes fuentes de contaminación a través del tiempo. En la figura que se encuentra a continuación, se puede ver la tasa de mortalidad (por 100.000 personas) causada por  $O_3$ , PM y contaminación del hogar. A nivel mundial, la tasa de mortalidad por exposición al ozono es pequeña (menos del 5%). Las tasas de PM y la exposición a la contaminación interior son bastante iguales (aunque en 2015, la tasa de PM es ligeramente más alta que la de la contaminación interior). La mayoría de los países de ingresos altos experimentan un impacto insignificante por el uso de combustible en interiores, en contraste con muchos países de ingresos bajos a medios donde la contaminación de los hogares es dominante.

La Figura 4.6.2, mostrada a continuación, se centra en la tasa de mortalidad estandarizada por edad (por 100.000 personas) causada por la contaminación de  $PM_{2.5}$  en el mundo desde 1990 hasta 2015.



**Figura 4.6.2.** Ratios de muerte por polución del aire desde 1990 hasta 2015 (Fuente: <https://ourworldindata.org/>)

Las tasas de mortalidad por contaminación del aire, en todos los países de todos los niveles de ingresos, han mostrado un descenso general en las últimas décadas. Para muchos países, la tasa de mortalidad ha disminuido en más del 50 por ciento. Esta tendencia de reducción es cierta, incluso en países con un número absoluto creciente de muertes, como China y la India.

En 2015, la tasa de mortalidad estandarizada por edad en Australia y Nueva Zelanda (la más baja del mundo, con 9 por cada 100.000 personas) fue casi cincuenta veces menor que en Afganistán (la más alta, con 427 por cada 100.000 personas).

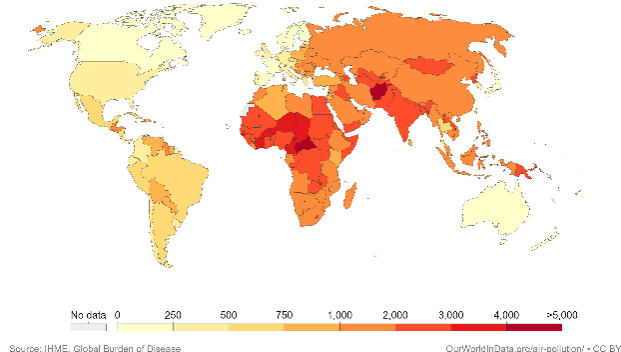
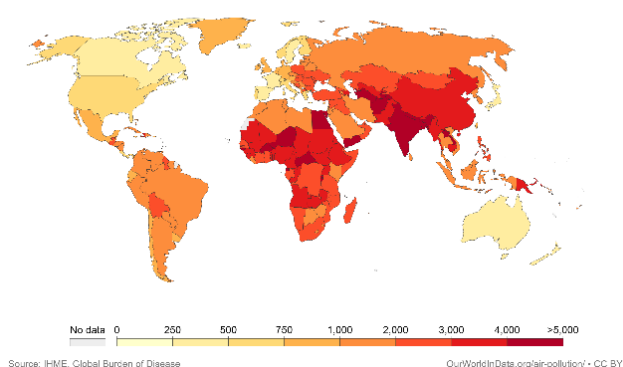
Esta reducción general en las tasas de mortalidad estandarizadas por edad se refleja más dramáticamente en las tendencias en las tasas de pérdida DALY (por cada 100.000 personas) a lo largo del tiempo (como se muestra en la Figura 4.6.3 y 4.6.4).

Disability-adjusted life years (DALYs) from particulate pollution, 1990  
Disability-adjusted life years (DALYs) from ambient particulate matter air pollution. DALYs are age-standardized and therefore adjust for changes in age structures of population through time and across countries.

Our World in Data

Disability-adjusted life years (DALYs) from particulate pollution, 2016  
Disability-adjusted life years (DALYs) from ambient particulate matter air pollution. DALYs are age-standardized and therefore adjust for changes in age structures of population through time and across countries.

Our World in Data



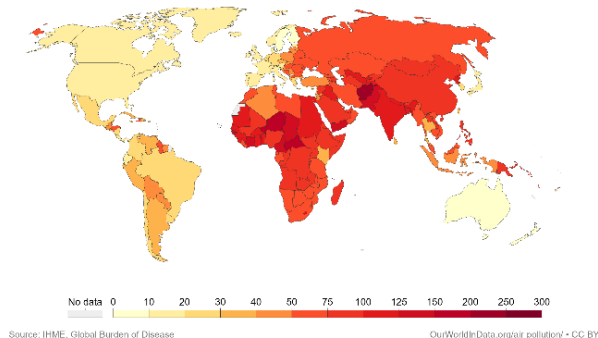
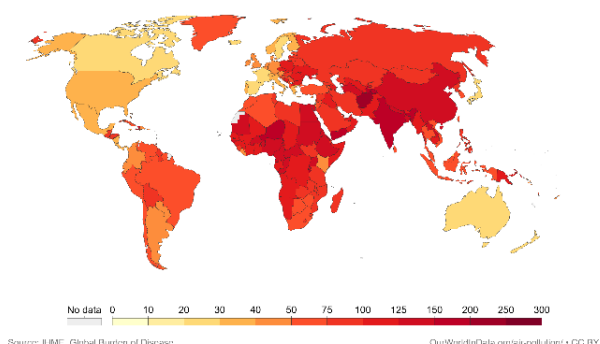
**Figura 4.6.3.** DALYs debido a la PM desde 1990 hasta 2016 (Fuente: <https://ourworldindata.org/>)

Death rate from ambient particulate air pollution (per 100,000), 1990  
Death rates attributed to ambient particulate matter air pollution, measured as the number of deaths per 100,000 individuals. Death rates are age-standardized and therefore correct for changes in age structure across time and between countries.

Our World in Data

Death rate from ambient particulate air pollution (per 100,000), 2016  
Death rates attributed to ambient particulate matter air pollution, measured as the number of deaths per 100,000 individuals. Death rates are age-standardized and therefore correct for changes in age structure across time and between countries.

Our World in Data



**Figura 4.6.4.** Ratios de muerte debido a la PM desde 1990 hasta 2016 (Fuente: <https://ourworldindata.org/>)

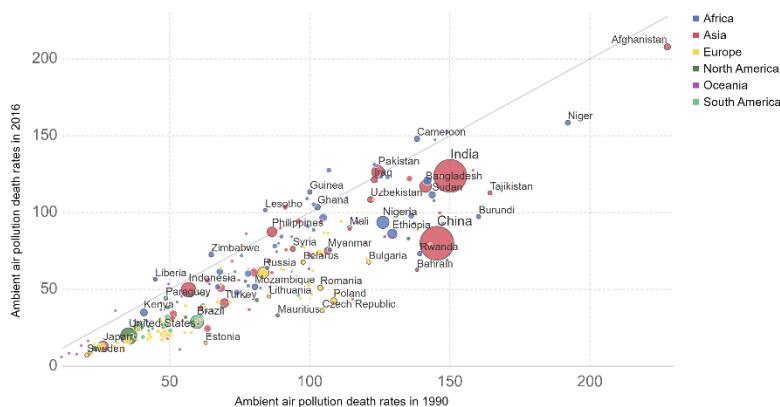
En las siguientes Figura 4.6.5 y 4.6.6, se compararán las tasas de mortalidad por contaminación del aire por partículas en el exterior en 2016 (eje y) versus 1990 (eje x). La línea gris representa la línea donde las tasas de mortalidad son iguales en ambos años. Los países que se encuentran por debajo de la línea gris han visto una reducción en las tasas de mortalidad desde 1990. Los países que se

encuentran por encima de la línea han visto un aumento en las tasas de mortalidad por contaminación del aire.

#### Death rates from outdoor particulate matter air pollution in 2016 versus 1990

OurWorld  
in Data

Death rates from outdoor particulate matter air pollution, measured as the number of deaths per 100,000 individuals in 2016 versus death rates in 1990. Death rates are age-standardized, and therefore correct for changes in age structure between countries and over time. Countries which lie below the grey line had lower death rates in 2016 than in 1990; those above the line had higher rates in 2016.



Source: IHME, Global Burden of Disease

CC BY

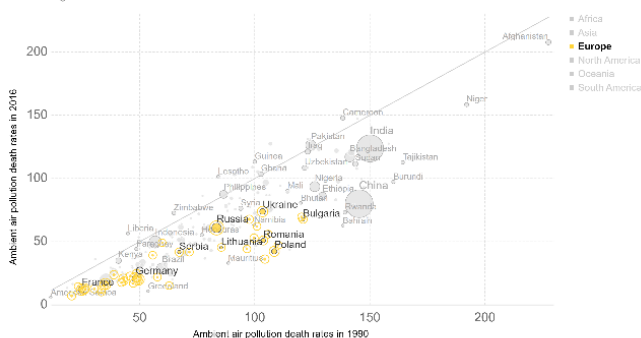
**Figura 4.6.5.** Ratios de muerte por país debido a la PM año 1990 vs 2016 (Fuente:

<https://ourworldindata.org/>)

#### Death rates from outdoor particulate matter air pollution in 2016 versus 1990

OurWorld  
in Data

Death rates from outdoor particulate matter air pollution, measured as the number of deaths per 100,000 individuals in 2016 versus death rates in 1990. Death rates are age-standardized, and therefore correct for changes in age structure between countries and over time. Countries which lie below the grey line had lower death rates in 2016 than in 1990; those above the line had higher rates in 2016.



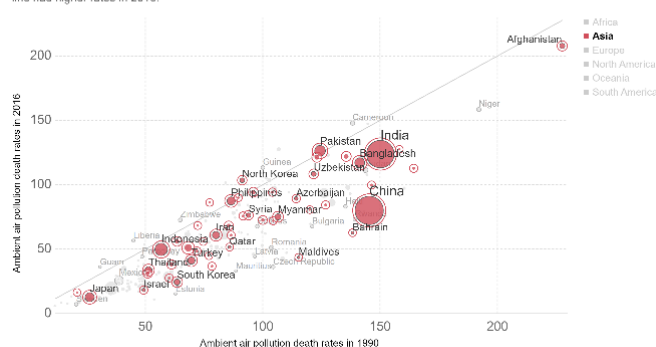
Source: IHME, Global Burden of Disease

CC BY

#### Death rates from outdoor particulate matter air pollution in 2016 versus 1990

OurWorld  
in Data

Death rates from outdoor particulate matter air pollution, measured as the number of deaths per 100,000 individuals in 2016 versus death rates in 1990. Death rates are age-standardized, and therefore correct for changes in age structure between countries and over time. Countries which lie below the grey line had lower death rates in 2016 than in 1990; those above the line had higher rates in 2016.



Source: IHME, Global Burden of Disease

CC BY

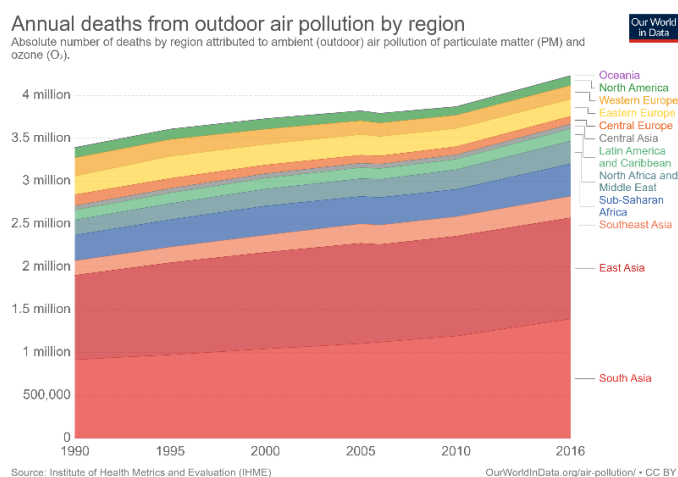
**Figura 4.6.6.** Ratios de muerte por país debido a la PM año 1990 vs 2016 – Países de Europa y Asia (Fuente:

<https://ourworldindata.org/>)

Como se puede ver, casi todos los países se encuentran por debajo de esta línea. Esto significa que la mayoría obtuvo menores tasas de mortalidad por contaminación del aire ambiente en 2016 que en 1990.

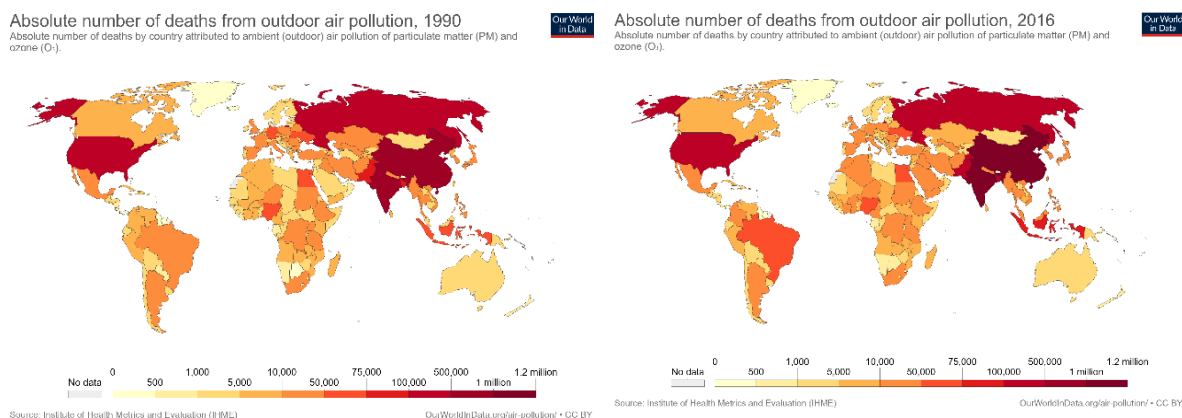


A nivel mundial, se estima que la contaminación del aire exterior causó 4,2 millones de muertes en 2016; esto representa un aumento respecto a los 3,4 millones de 1990. La siguiente Figura 4.6.7 detalla el número de muertes por región. En general, observamos que la mayoría de las muertes relacionadas con la contaminación se producen en Asia. El sur, el sureste y el este de Asia representaron casi 3 millones en 2016.



**Figura 4.6.7.** Muertes anuales debidas a la contaminación exterior del aire, por región, desde 1990 hasta 2016  
(Fuente: <https://ourworldindata.org/>)

La siguiente Figura 4.6.8 muestra el número absoluto de muertes atribuidas a la contaminación del aire exterior por país desde 1990 hasta 2016. A nivel anual, las muertes relacionadas con la contaminación están dominadas por China e India, cada una con entre 1.1 y 1.2 millones de muertes en 2016. En el período desde 1990, el aumento de las muertes relacionadas con la contaminación en China parece estar disminuyendo con solo un pequeño aumento desde 2010. En contraste, la tasa de mortalidad de la India debido a la contaminación del aire exterior continúa aumentando.



**Figura 4.6.8.** Muertes absolutas anuales debidas a la contaminación del aire exterior, 1990 vs 2016.

## 4.7. El futuro de las emisiones globales de SO<sub>2</sub>

Se estima que las emisiones de SO<sub>2</sub> en Asia y África no han alcanzado su punto máximo todavía. Ambas regiones se encuentran diferenciadas con respecto a Europa y las Américas en términos de desarrollo económico, por lo que es muy posible que aún les quede tiempo de industrialización.

China experimentó un "pico" en las emisiones de SO<sub>2</sub> en 2006 y ha estado disminuyendo desde entonces. Algunos analistas han sugerido que este esfuerzo fue impulsado por un objetivo de reducir los niveles de contaminación para los Juegos Olímpicos de Beijing 2008. Si bien esto puede haber acelerado aún más sus esfuerzos de limpieza, es probable que esa transición, por una mayor preocupación por la salud pública, hubiera ocurrido independientemente. Al igual que en Europa y América del Norte, esta reducción se logró en gran parte a través de la implementación efectiva de políticas y la adopción de tecnologías limitantes de productos contaminantes. En contraste, las emisiones de SO<sub>2</sub> de la India aún no han alcanzado su punto máximo. Sin embargo, la India está ligeramente por detrás de China en términos económicos.

Por tanto, la evidencia sugiere que la prosperidad por sí sola no es responsable de la trayectoria observada de las emisiones de SO<sub>2</sub>. Es el desarrollo en un sentido más amplio, que abarca el crecimiento económico, el cambio tecnológico, las actitudes cambiantes hacia las preocupaciones ambientales, la política y la regulación, es lo que se encarga mayoritariamente de la evolución de las emisiones de SO<sub>2</sub>.

Sobre la base de la conclusión de que las emisiones de SO<sub>2</sub> disminuyen con el desarrollo, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) proyecta

reducciones significativas en los niveles globales de  $\text{SO}_2$  en las próximas décadas. Dependiendo del escenario, las emisiones de  $\text{SO}_2$  caerán del 35 al 65 por ciento respecto a las estimaciones más recientes (2011) de 101 millones de toneladas por año.

#### 4.8. La curva ambiental de Kuznets en la contaminación del aire

La evolución del patrón de contaminación regional y global parece mostrar una forma de aumento de picos. Esta tendencia es característica de lo que se llama la "Curva de Kuznets Ambiental" (EKC, por sus singlas en inglés, "Environmental Kuznets Curve"). Se puede visualizar en la Figura 4.8.1.

El concepto de EKC se discutió por primera vez en la década de 1990 en el Informe sobre el desarrollo mundial de 1992, pero se basa en la relación estilizada entre la desigualdad de ingresos y el desarrollo económico tal y como lo describió Simon Kuznets en 1955.

El EKC proporciona una hipótesis del vínculo entre la degradación ambiental y el desarrollo económico: la calidad ambiental inicialmente empeora con el inicio del crecimiento industrial, pero luego alcanza un pico en una cierta etapa de desarrollo económico y, a partir de ese momento, la calidad ambiental comienza a mejorar con un mayor desarrollo. La evidencia del EKC es muy variada: a lo largo de varias ocasiones ha sido ampliamente cuestionada, pero para una serie de marcadores ambientales existe una fuerte evidencia de la existencia de una relación EKC. Por ejemplo, un estudio reciente publicado en la revista *Science* sugiere que la relación EKC también aparece en los vínculos entre la deforestación, la forestación y el crecimiento económico.

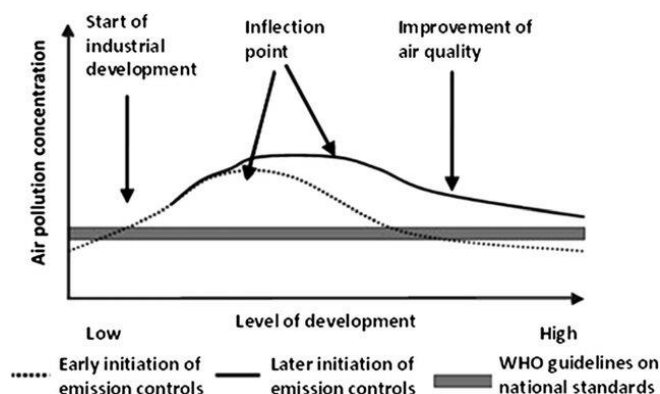


Figura 4.8.1. Ejemplo curva EKC (Fuente: <https://www.researchgate.net/>)

Tanto Europa como Norteamérica pasaron por un período inicial de industrialización "sucia" en la que aumentó la producción de dióxido de azufre. Sin embargo, en la década de 1970-80 las emisiones alcanzaron su punto máximo y desde entonces han seguido disminuyendo.

Esta transición se logró a través de una serie de medidas económicas, tecnológicas y políticas. La regulación nacional y los acuerdos de política regional desempeñaron un papel crucial en esta limpieza; la primera fue la Convención de 1979 sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia (CLRTAP) firmada por 35 países de América del Norte, Europa Occidental y el Bloque Oriental. Desde entonces, una serie de protocolos y directivas europeas han establecido límites reglamentarios sobre las emisiones de SO<sub>2</sub> de las grandes centrales eléctricas y procesos industriales. Esto ha forzado la adopción de tecnologías de reducción de emisiones, como las depuradoras, que eliminan los gases de azufre antes de ser emitidos, así como la eliminación de fuentes de carbón y petróleo más baratas, que generalmente tienen un mayor contenido de azufre.

Sin embargo, el EKC vincula el ingreso promedio, no la política, a la calidad ambiental. ¿Existe, pues, un vínculo entre mayores ingresos y mejores marcos regulatorios? Hay tres razones sugeridas por las que las naciones de ingresos más altos tienen una regulación más estricta: la calidad ambiental alcanza una prioridad más alta después de que se hayan cumplido las demandas sociales básicas; los países más ricos tienen presupuestos más grandes y experiencia técnica para la aplicación y gestión de la regulación; y los enlaces entre la educación y los ingresos proporcionan los niveles necesarios de empoderamiento local para hacer cumplir las normas ambientales si no existen a nivel nacional.

#### **4.9. El vínculo entre las emisiones y las concentraciones locales.**

¿El nivel de exposición de la contaminación del aire está directamente relacionado con la cantidad de emisiones que se emiten localmente? En gran medida, sí. Normalmente, las áreas que más emiten también tienen las concentraciones más altas de contaminación local. Sin embargo, hay un factor clave adicional, que tiene cierto impacto en las concentraciones de contaminación en el tiempo y el espacio: el clima.

Las condiciones climáticas locales pueden influir en las concentraciones de contaminación de varias maneras: los vientos pueden transportar contaminantes del aire desde la región de emisión

a las áreas circundantes (por tanto, en los días de viento, una región con bajos niveles de emisión podría estar expuesta a niveles más altos de contaminación, si se transportan desde otro lugar).

Lo contrario a lo descrito en el párrafo anterior es cierto para las áreas de altas emisiones: en días tranquilos, los contaminantes locales pueden quedar atrapados a nivel del suelo, ya que el flujo de aire es mínimo e impide distribuirlo en otros lugares.

Durante los períodos de frío, se puede formar una capa de frío a nivel de suelo, evitando que los contaminantes locales se dispersen a más altitud, en la atmósfera. En la mayoría de los casos, los problemas de calidad del aire son peores durante los meses de invierno. Hay que tener en cuenta que durante los períodos de frío la quema de combustibles fósiles para fines de calefacción también aumenta, por lo que el problema crece.

La excepción a esta tendencia general es el caso del ozono ( $O_3$ ). El ozono se forma a través de la reacción de otros contaminantes (como el  $NO_x$ ) y la reacción con la luz solar. Las concentraciones de ozono son, por tanto, más altas en primavera y verano, en condiciones de sol y de día.

Entonces, si bien el nivel de emisiones es el determinante clave de las concentraciones de contaminación local, los patrones estacionales y climáticos tienen una influencia importante en las fluctuaciones durante todo el año.

#### **4.10. Explicación de las tasas de mortalidad**

Tal y como se ha descrito en apartados anteriores, un factor clave para abordar los problemas de contaminación del aire es la carga que tiene sobre la salud humana. ¿Qué determina la probabilidad de que una persona muera prematuramente por enfermedades relacionadas con la contaminación? La concentración de contaminantes locales (es decir, la exposición) parece ser un correlato obvio, pero ¿hay otros factores en juego?

En términos generales, la tasa de mortalidad por contaminación del aire es mayor en los países que tienen un mayor nivel de contaminación. También hay una importante división regional: la mayoría de los países europeos, norteamericanos y latinoamericanos se agrupan cerca del origen con bajos niveles de contaminación y bajas tasas de mortalidad. Casi todos los países con una alta tasa de mortalidad o una alta concentración de  $PM_{2.5}$  (o ambos) están en África o Asia.

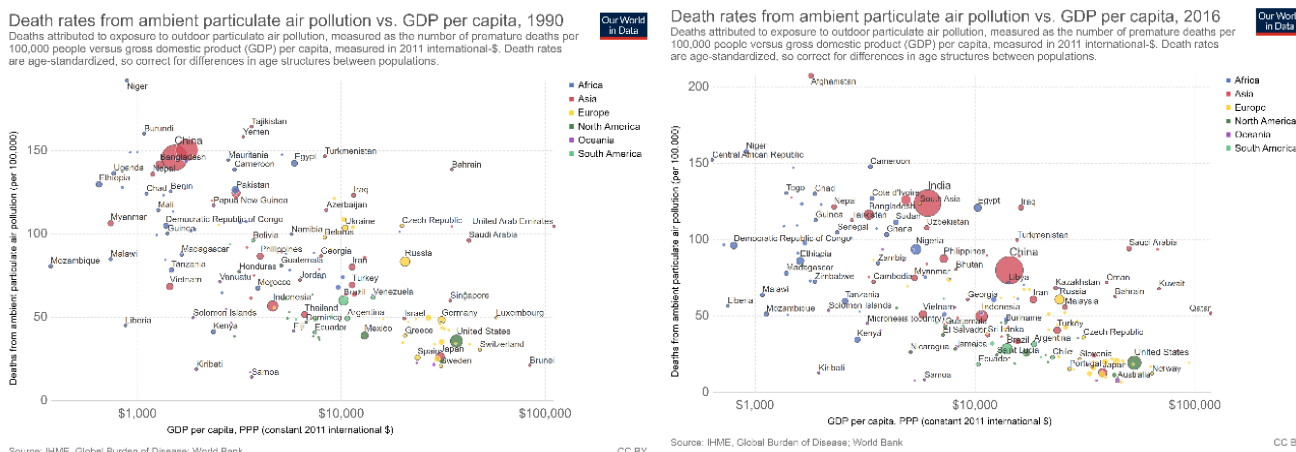
Pero ¿qué pasa con algunos de los valores atípicos en esta correlación? ¿Cómo lograron algunos países con un alto nivel de contaminación de  $PM_{2.5}$  mantener una tasa de mortalidad notablemente más baja? Países como Qatar, Arabia Saudita, Omán, Kuwait y los Emiratos Árabes Unidos tienen un riesgo comparativamente menor de muerte prematura, a pesar de los altos niveles de contaminación. Sin embargo, tienen un PIB per cápita significativamente más alto que el de sus vecinos. Por tanto, se puede esperar que la salud general, el bienestar y los estándares médicos/de salud en estas naciones reduzcan significativamente el riesgo de mortalidad por enfermedades respiratorias. La influencia del PIB y la calidad de vida también es probable que explique el otro extremo, donde países como Afganistán y la República Centroafricana tienen una tasa de mortalidad muy alta, a pesar de tener niveles de contaminación de rango medio. Con niveles bajos de PBI, es probable que la salud y la calidad de la atención médica en general aumenten la carga de enfermedades relacionadas con la contaminación.

Además, muchos de los valores atípicos se encuentran en el Medio Oriente y el Norte de África. Las condiciones más secas en estos países significan que la fuente de contaminantes puede ser notablemente diferente de otra parte: gran parte de la contaminación del aire local podría derivarse del polvo y las partículas de arena en lugar de las fuentes antropogénicas de la industria y la agricultura. Si las fuentes de arena y polvo proximales tienen impactos menos severos en la salud, esto puede explicar los fuertes valores atípicos de esta región del mundo.

La importancia de los indicadores generales de desarrollo (como la calidad de vida, la salud y la atención médica) también nos permite explicar por qué las tasas de mortalidad por contaminación de  $PM_{2.5}$  han disminuido en la mayoría de los países desde 1990. La reducción de las tasas de mortalidad a través del tiempo no se pueden atribuir una reducción en los niveles de contaminación para varios países (en China e India, por ejemplo, las tasas de mortalidad han disminuido a pesar de los grandes aumentos en las concentraciones de  $PM_{2.5}$ ). Por lo tanto, este riesgo reducido de mortalidad debe explicarse por factores externos que mejoran los resultados generales de salud y la vulnerabilidad.

## 4.11. Los países más ricos tienden a tener menores tasas de mortalidad por contaminación del aire

En la siguiente Figura 4.11.1 se puede ver la relación entre las tasas de mortalidad por contaminación del aire exterior y el ingreso promedio (medido como producto interior bruto per cápita). En general, se observa una correlación negativa: los países más ricos tienden a tener tasas de mortalidad más bajas debido a la contaminación del aire exterior. La mayoría de los países más ricos del mundo tienen tasas de mortalidad en el rango de 10 a 20 por 100.000; en ingresos medios esto tiende a abarcar desde 30 a 120 por 100.000; y con ingresos más bajos, esto puede extenderse hasta 150 (o más de 200 en el caso de Afganistán) por 100.000.



**Figura 4.11.1.** Ratios de muerte debido a la PM vs GDP, 1990 y 2016 (Fuente: <https://ourworldindata.org/>)

Sin embargo, el intervalo de tasas de mortalidad para cualquier nivel dado de ingresos también indica que los contextos locales, las políticas, los sistemas urbanos y de transporte, y la atención médica también pueden tener un impacto sustancial en las tasas de mortalidad por contaminación del aire.

## 5. Contaminación en Corea del Sur

### 5.1. Situación del país

La alarma social respecto a la contaminación atmosférica empezó relativamente hace poco tiempo, tal y como describió el diario norteamericano *Financial Times* en el año 2017, asegurando que Corea del Sur se acababa de unir al ranking de los países más contaminados del mundo.

Durante el inicio del año 2017, Seúl se posicionó varias veces en el ranking mundial de las ciudades más contaminadas del mundo, junto a Pekín y Delhi.

#### 5.1.1. Clasificación mundial según polución

Según el informe de *AirVisual* que se hizo público en marzo de 2019, Corea del Sur se posicionó en el 27 país más contaminado del mundo en el año 2018. Se tomaron datos en 73 países.

#### 5.1.2. Evolución de la contaminación

A continuación, se muestran los gráficos que expone *Airkorea*, sobre la contaminación durante los últimos años en las 7 principales ciudades de Corea del Sur, según el tipo de contaminante.

En la Figura 5.1.2.1 se aprecia que las emisiones de PM<sub>10</sub> se han reducido notablemente durante los últimos años.

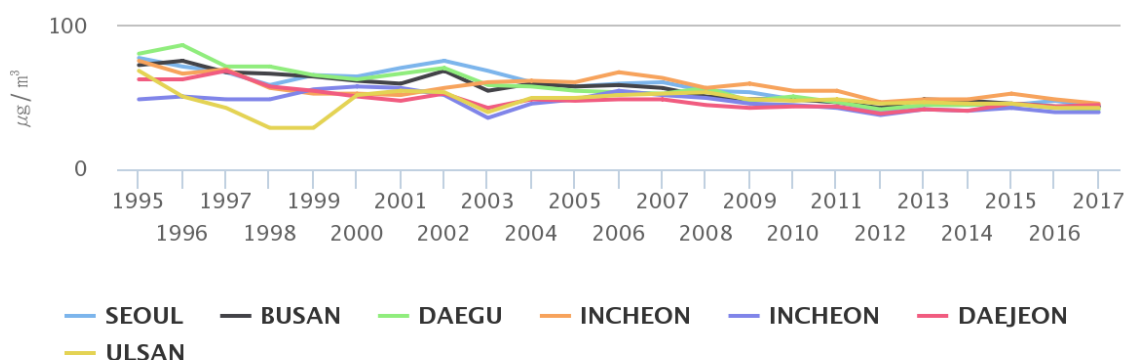
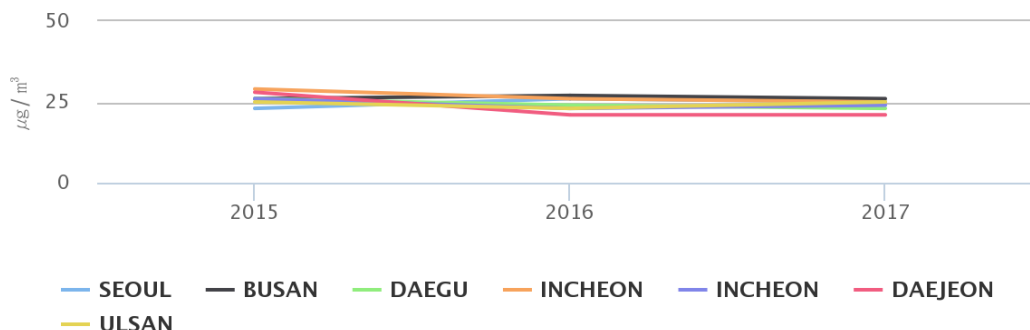


Figura 5.1.2.1. Registro contaminante PM<sub>10</sub> (Fuente: <https://www.airkorea.or.kr>)

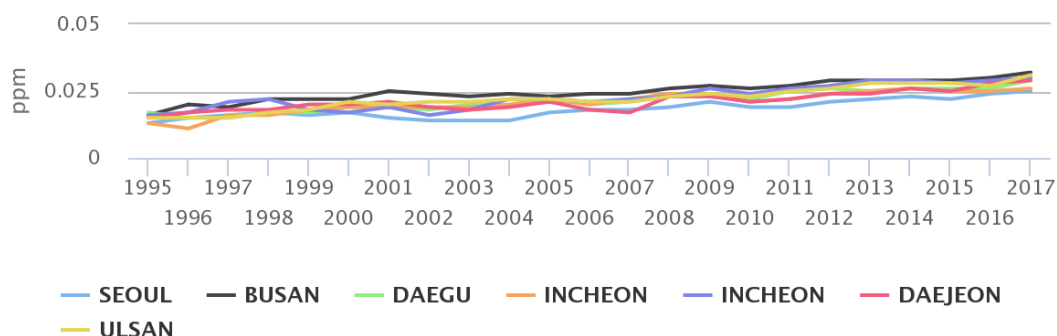


Desafortunadamente, sólo se tienen registros oficiales de *Airkorea* de contaminante  $PM_{2.5}$  desde 2015. Tal y como se aprecia en la Figura 5.1.2.2, las emisiones de  $PM_{2.5}$  se han mantenido relativamente estables, con una ligera reducción en 2016



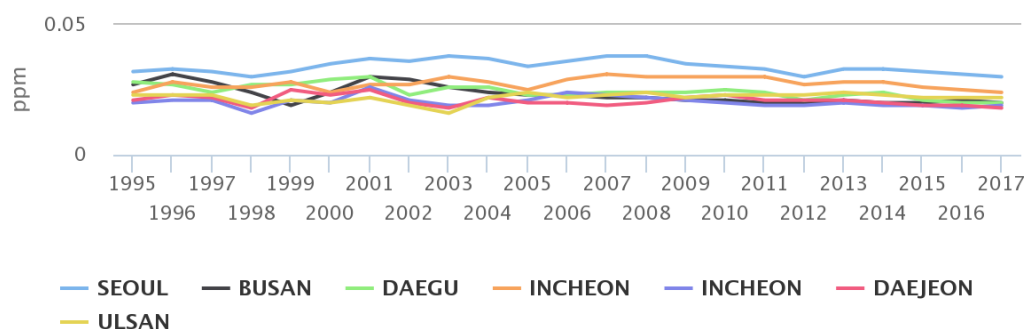
**Figura 5.1.2.2.** Registro contaminante  $PM_{2.5}$  (Fuente: <https://www.airkorea.or.kr>)

En la Figura 5.1.2.3 se aprecia que las emisiones de  $O_3$  han aumentado notablemente durante los últimos años.



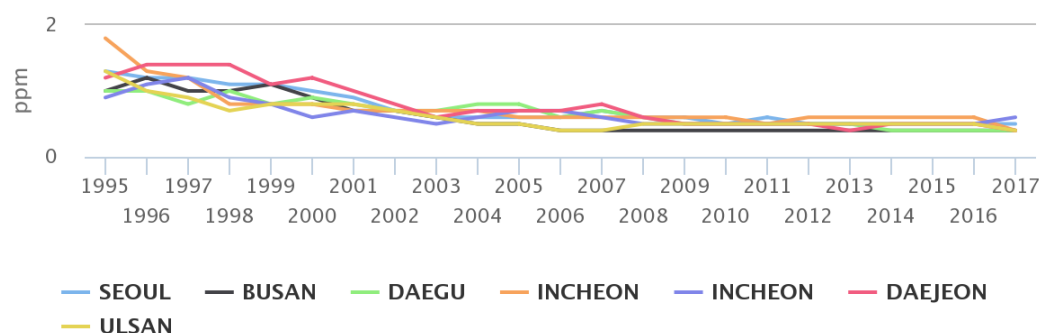
**Figura 5.1.2.3.** Registro contaminante  $O_3$  (Fuente: <https://www.airkorea.or.kr>)

En la Figura 5.1.2.4 se aprecia que las emisiones de  $NO_2$  se han mantenido constantes durante los últimos años.



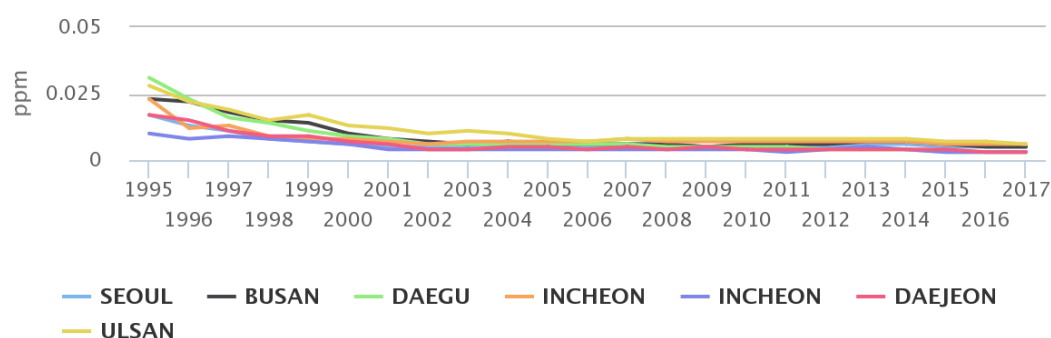
**Figura 5.1.2.4.** Registro contaminante NO<sub>2</sub> (Fuente: <https://www.airkorea.or.kr>)

En la Figura 5.1.2.5 se aprecia que las emisiones de CO se han reducido muy notablemente durante los últimos años.



**Figura 5.1.2.5.** Registro contaminante CO (Fuente: <https://www.airkorea.or.kr>)

En la figura 5.1.2.6 se aprecia que las emisiones de SO<sub>2</sub> también se han reducido muy notablemente durante los últimos años.



**Figura 5.1.2.6.** Registro contaminante SO<sub>2</sub> (Fuente: <https://www.airkorea.or.kr>)

### 5.1.3. Impacto de la contaminación en la sociedad

Tal y como indica la Organización Mundial de la Salud, OMS, la contaminación ambiental contribuyó al 7.6% de las muertes que tuvieron lugar durante el año 2016 en Corea.

Según el informe “State of Global Air 2019” realizado por el “Health Effects Institute” de Estados Unidos, en el año 2017 murieron aproximadamente 17.300 personas en Corea del Sur debido a la contaminación del aire. A continuación, se ha representado en la Figura 5.1.3.1 el registro de las muertes provocadas por la contaminación en Corea del Sur desde 1985.

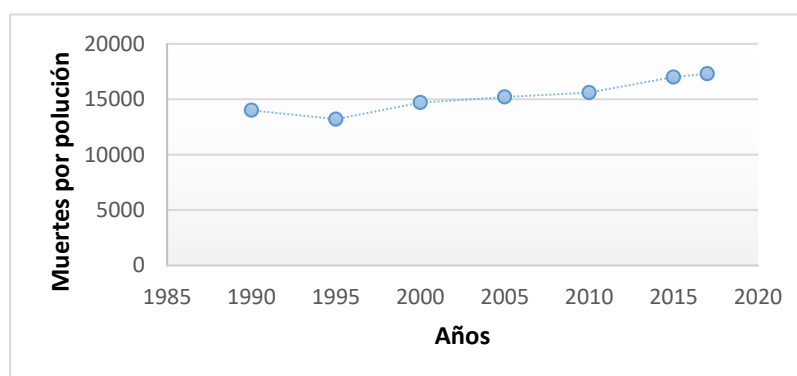


Figura 5.1.3.1. Muertes por año en Corea debidas a la polución desde 1985 (Fuente: elaboración propia)

### 5.1.4. Fuentes de polución

Tal y como afirma el ministerio de medioambiente de Corea del Sur, se han representado en la Figura 5.1.4.1 las principales fuentes que causan la contaminación del aire, debido a fuentes locales (no externas).

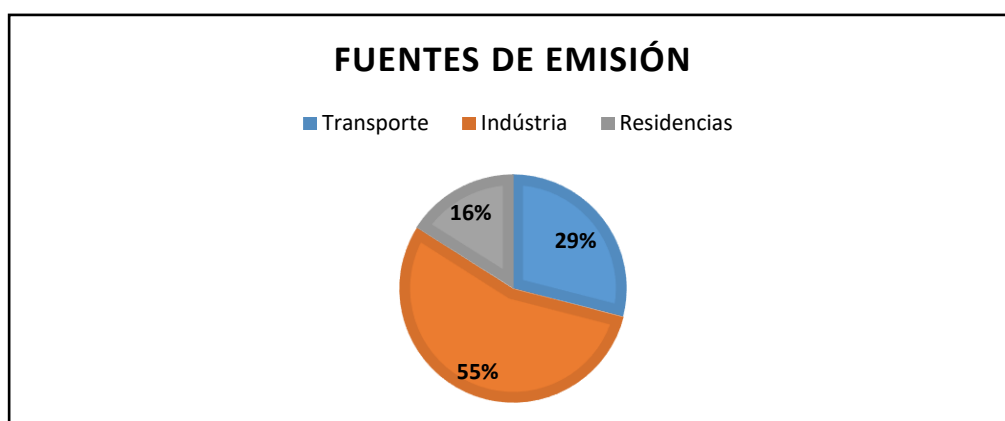


Figura 5.1.4.1. Fuentes de emisión de contaminantes en Corea del Sur (Fuente: elaboración propia)

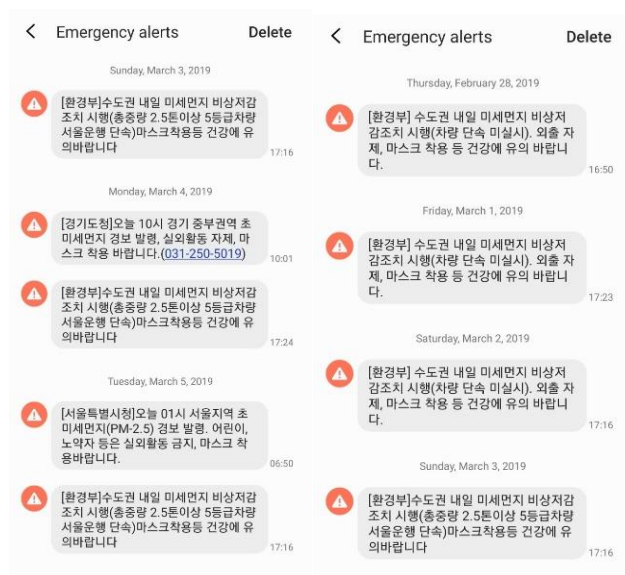
Es necesario detallar las fuentes de emisión:

- Transporte – Vehículos (diésel y no diésel), maquinaria para construcción
- Industria – Plantas de generación de energía que funcionan con combustibles fósiles
- Residencias – polvo de las carreteras y de las zonas en obras, quemas ilegales, hogares, restaurantes.

## 6. VISIÓN PERSONAL, INTERESES Y SOLUCIONES ACTUALES

### 6.1. Visión personal de la problemática

En este apartado explicaré mi visión personal respecto a la problemática de la contaminación en Corea, basada en mi vivencia. Cuando llegué a Corea el 24 de febrero de 2019, los niveles de contaminación del país eran bastante elevados. Durante las siguientes 2 semanas, la contaminación alcanzó niveles muy elevados, hasta el punto de que el ministerio de sanidad de Corea envió varios mensajes de alerta a toda la población coreana. Se pueden ver estos mensajes en la siguiente Figura 6.1.1.



**Figura 6.1.1.** Mensajes SMS enviados por el gobierno de Corea (Fuente: elaboración propia; captura de pantalla de teléfono personal)

En estos mensajes se avisa de que durante los próximos días va a haber altos niveles de  $PM_{2.5}$  y que es altamente recomendable el uso de la máscara. También se informa de un teléfono de consultas para la ciudadanía. Los mensajes son enviados a todos los teléfonos que están usando una red de telefonía coreana.

Durante esas dos semanas, aproximadamente 8/10 personas llevaban máscara cuando salían a la calle. (Ver Figura 6.1.2)



**Figura 6.1.2.** Población coreana usando máscara en días de alta polución (Fuente: <http://www.koreaherald.com>)



**Figura 6.1.3.** Barrio de Gangnam en días de alta polución (Fuente: elaboración propia)



**Figura 6.1.4.** Skyline Seúl en días de alta polución (Fuente: <https://adevarul.ro>)

Se puede considerar que el asunto de la polución ha surgido recientemente en Corea, hecho que no ha permitido, por el momento, tomar decisiones adecuadas para frenar el problema.

Después de las dos primeras semanas en Corea con altos niveles de contaminación, no ha habido otro período tan largo y continuo de polución, pero aproximadamente uno o dos días por semana los niveles de polución son más altos de lo que deberían ser.

## 6.2. ¿Quién gana con la polución?

De acuerdo con el reporte que hizo *PR Newsire* a finales de 2018, el mercado global de los purificadores de aire se prevé que llegue a los \$11.403,00 millones en 2025. Teniendo en cuenta que el valor del mercado fue de \$4.510,00 en 2017, el mercado estaría creciendo a una TCAC (Tasa de Crecimiento Anual Compuesto) del 12,2% entre 2018 y 2025.

Esto quiere decir que en los recientes años ha emergido un gran mercado de purificadores de aire, con grandes oportunidades de negocio, hecho que implica que haya ciertas empresas que no estén interesadas en soluciones por parte del gobierno para frenar la contaminación, ya que están obteniendo grandes ingresos debido a las ventas de los purificadores.

En mi experiencia personal, considero adecuado mencionar que, debido a asuntos profesionales, realicé visitas a varias empresas coreanas, y todas ellas tenían purificadores de aire en el interior de sus oficinas. Además, se pueden apreciar constantemente anuncios televisivos y publicidad por la calle y medios de comunicación sobre purificadores. En cualquier tienda de tecnología coreana, como por ejemplo “ElectroMart” o “HiMart”, se pueden encontrar varios modelos de purificadores, desde portátiles hasta industriales. También es necesario añadir que la compañía de e-commerce más grande del país, “Coupang”, también vende purificadores de aire, y se pueden recibir en el domicilio el siguiente día de haber realizado la compra.

A nivel global, las empresas que se han beneficiado más de la contaminación del aire debido a sus purificadores son las siguientes: Atlanta Healthcare, Bluestar Ltd, Blueair AB, Crusaders India Pvt. Ltd, Daikin Industries Ltd, Samsung Electronics Co Ltd, HSIL Ltd, LG Electronics Inc, Eureka Industries Ltd.

A nivel local, las empresas más exitosas en cuanto a purificadores son LG, Samsung, Miko y Cuckoo.

Los precios de los purificadores están entre los 200€ (purificadores portátil) hasta unos 4.000€, para uso doméstico.

En la siguiente figura 6.2.1 se puede apreciar la exposición de purificadores de aire de la marca LG en la entrada de la tienda *HiMart* localizado en el centro comercial localizado en el emblemático rascacielos “Lotte Tower”.



**Figura 6.2.1.** Purificadores de aire LG (Fuente: elaboración propia)

En las siguiente Figura 6.2.2 se pueden apreciar dos modelos de purificadores de aire LG. El de la izquierda es de los modelos más populares en Corea. Su precio es de 1.229.000 Won ( $\approx$  932 €).



**Figura 6.2.2.** Purificadores de aire LG, vista detallada (Fuente: elaboración propia)



En la siguiente figura 6.2.3 se puede apreciar la zona interior de venta de los purificadores de aire en la tienda “HiMart”.



**Figura 6.2.3.** Exposición purificadores de aire en “HiMart” (Fuente: elaboración propia)

Para finalizar, en la siguiente Figura 6.2.4 se puede ver un modelo de purificador de aire portátil, para llevar en la oficina, el coche, la biblioteca, etc. Su precio es de 259.000 Won ( $\approx 197\text{€}$ ) y se puede comprar en color negro y blanco.



**Figura 6.2.4.** Purificador LG PuriCare Mini en “HiMart” (Fuente: elaboración propia)

Como se puede apreciar en este apartado, las grandes empresas están trabajando para dar una gran cantidad de soluciones en cuanto a purificadores de aire, encontrando una gran variedad de modelos y precios, según la necesidad del comprador.

### 6.3. Visita feria ambiental

Cabe mencionar que durante la búsqueda de posibles soluciones para frenar la contaminación, que se explicarán en el próximo apartado, y durante la exploración del mercado de los purificadores de aire, fui presencialmente a una feria que hacían en la zona de exposiciones más importante de Seúl, llamada “ENVEX Environmental Exhibition”.

En esta feria pude descubrir el tipo de tecnología y soluciones que están desarrollando las empresas hoy en día, en todo el ámbito ambiental. En la Figura 6.3.1 se puede ver un equipo de monitorización de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ .



**Figura 6.3.1.** Visita ENVEX. Monitorización de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  (Fuente: elaboración propia)

En la Figura 6.3.2 se puede apreciar el stand de la empresa alemana *Dürr*, líderes en ingeniería mecánica y construcción de plantas industriales. *Dürr* está actualmente creando tecnologías eficientes para procesos térmicos y tratado de aguas, con gran enfoque en el mercado coreano.



**Figura 6.3.2.** Visita ENVEX. Stand empresa *Dürr*. (Fuente: elaboración propia)

En la Figura 6.3.3 se puede apreciar un prototipo de sistema de reciclaje de bio gas diseñado por la empresa coreana *Yusung*.



**Figura 6.3.3.** Visita ENVEX. Stand empresa *Yusung*. (Fuente: elaboración propia)

Para acabar, en la Figura 6.3.4 se puede apreciar un sistema completo de monitorización del aire de la empresa australiana *Ecotech*.



**Figura 6.3.4.** Visita ENVEX. Stand empresa *Ecotech*. (Fuente: elaboración propia)

Se puede concluir que en la feria se pudieron observar las direcciones que están siguiendo las grandes y pequeñas empresas en cuanto al asunto de la polución. Quedó demostrado que es un gran mercado que está creciendo y va a seguir creciendo durante los próximos años, especialmente en Asia y África.

## 6.4. Soluciones hoy en día

Según el ministerio de medioambiente de Corea, actualmente se está trabajando en medidas determinantes para frenar la contaminación. Debido a que el problema ha impactado fuertemente en el país de forma reciente, aún se está en el proceso de desarrollo de las medidas.

Hoy en día, se han aplicado varias medidas correctivas que lo que hacen es frenar el problema únicamente en situaciones de emergencia. Es decir, no se trata de resolver la raíz del problema, sino que se pone un parche a la problemática, y únicamente de forma temporal, cuando se producen casos extremos.

Por ejemplo, el pasado mes de enero del presente año 2019, tras una semana de altísimos niveles de PM<sub>2.5</sub> en todo el país, se decidieron dar, desde el gobierno central, las siguientes autorizaciones a los ayuntamientos y gobiernos provinciales:

- Permiso para prohibir la circulación de los coches diésel
- Permiso para obligar a las empresas a reducir sus horas de operación
- Permiso para cerrar o reducir horarios (de forma temporal) a colegios, guarderías, edificios públicos y empresas.
- Permiso para multar a los individuos y/o empresas que incumpliesen con las regulaciones con importes desde 100.000 Won ( $\approx 75\text{€}$ ) hasta 2.000.000 Won ( $\approx 1.500\text{€}$ ).
- Permiso para que el transporte público sea gratis en las horas punta.
- Permiso para cerrar párquines de vehículos.

Por otro lado, el ministerio de medio ambiente está planteando la idea de instalar purificadores de aire en los autobuses, metros y estaciones. Una vez más, esta medida no frena la raíz del problema, sino que pone una solución temporal. Este proyecto de fin de grado cree y defiende que la solución está en frenar la contaminación, no en buscar cómo adaptarse a ella.

También se está estudiando la posibilidad de crear lluvia artificial, junto con la colaboración de otros países vecinos como China, Vietnam y Tailandia.

## 7. Programa de medidas correctivas para reducir la contaminación en Corea del Sur

Tal y como se describió previamente, uno de los objetivos principales de este trabajo es el de crear un programa de medidas correctivas, que ayude a determinar y llevar a cabo las acciones necesarias para reducir la contaminación atmosférica en Corea del Sur. El objetivo principal es el de reducir la emisión de  $PM_{2.5}$ , ya que es el contaminante más nocivo para los seres vivos.

Teniendo en cuenta que durante los últimos años se han estado registrando valores de aproximadamente  $26\mu g/m^3$  de media, hay que marcar objetivos reales, que se puedan cumplir.

Según la clasificación que hace la EPA, “Environment Protection Authority”, estos son los niveles según nocividad de las emisiones de  $PM_{2.5}$  (ver Figura 7.1)

Health category	24-hour $PM_{2.5}$ $\mu g/m^3$
Low	0–8.9
Moderate	9.0–25.9
Unhealthy – sensitive	26.0–39.9
Unhealthy – all	40.0–106.9
Very unhealthy – all	107.0–177.9
Hazardous (high)	Greater than 177.9
Hazardous (extreme)	Greater than 250

**Figura 7.1.** Categorías de salud según emisión de  $PM_{2.5}$ . (Fuente: <https://www.epa.gov/>)

Hay que tener en cuenta que Corea del Sur se encuentra, en la zona insalubre – sensitiva, ya que la media de los valores de emisiones de  $PM_{2.5}$  es de  $26\mu g/m^3$ . Hay que tener en cuenta que este valor es una media, habiendo semanas en las que se registran valores superiores a los  $100\mu g/m^3$  y otras en las que se registran valores inferiores a  $20\mu g/m^3$ .

Por tanto, se han fijado la siguiente meta realista, para poder entrar en la categoría moderada de salud.

Esta meta consiste en obtener valores de media anual de  $22\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2022 y de  $16\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2030, igual que países como Suecia y Noruega actualmente.

Para cumplir con esta objetivo, se van a seguir las siguientes 3 direcciones, que se describirán a continuación:

- 1) Reducción de las emisiones debidas a fuentes locales
- 2) Reducción de las emisiones debidas a fuentes externas
- 3) Augmentar la concienciación nacional

## 7.1. Reducción de las emisiones debidas a fuentes locales

En este apartado, se explicarán las medidas que se proponen para reducir las emisiones debidas a fuentes locales, que son las siguientes:

1. Aumentar la regulación de los coches diésel
2. Favorecer y promocionar la compra de vehículos respetuosos con el medio ambiente
3. Aplicar medidas a las 59 plantas de generación eléctrica que funcionan con carbón que hay en funcionamiento actualmente en el país
4. Aumentar utilización de fuentes respetuosas con el medio ambiente
5. Cambiar los buses antiguos por buses que funcionen con gas natural comprimido o electricidad

### 7.1.1. Aumentar la regulación de los coches diésel

De acuerdo con los datos del Ministerio de Tierra, Infraestructura y Transporte, a finales de febrero de 2019 se registró un total de 23.297.688 de coches en Corea, aproximadamente. De este número total, un 42,8% de los coches (9.975.645) eran diésel.

El aumento de la regulación de los coches diésel se aplicaría de las siguientes formas:

- A los vehículos diésel antiguos (más de 10 años):  
Hoy en día, existe un programa de reducción de coches diésel impulsado por el gobierno. El presupuesto para el año 2019 es de 3,9 billones de won (2.9 millones de euros) para 950 coches. La persona que decide desguazar su vehículo diésel para obtener un vehículo respetuoso con el medio ambiente (eléctrico o que funcione con LPG – Liquid Petroleum Gas) recibe una media de 3.000€ por su antiguo coche. Se calcula que se desguazan una

media de 15 coches al día. Es decir, unos 5.500 coches al año. Esto quiere decir que únicamente 950 de 5.500 coches (un 17,2%) recibe el incentivo monetario.

Por tanto, se propone, como mínimo, doblar el presupuesto de este programa para el próximo año 2020, con el objetivo de alcanzar los casi 2.000 coches que se puedan beneficiar de este incentivo monetario de forma anual. Se considera que con esta medida más gente tendrá en cuenta el hecho de renovar su coche diésel antiguo para así renovar la flota de coches del país por coches respetuosos con el medio ambiente de forma gradual.

- A los vehículos diésel en circulación que tengan menos de 10 años:
  - Si están en garantía, los fabricantes del vehículo deben modificar los sistemas de escape para neutralizar la contaminación que el motor no consigue eliminar.
  - Si no están en garantía, los propietarios del vehículo deben modificar los sistemas de escape para neutralizar la contaminación que el motor no consigue eliminar. En este caso, el costo por la modificación debe estar subvencionado gobierno.

#### **7.1.2. Favorecer y promocionar la compra de vehículos respetuosos con el medio ambiente**

Antes de detallar las siguientes medidas, es necesario destacar que de los 23.297.688 vehículos que hay en Corea, únicamente 228.000 son respetuosos con el medio ambiente. Es decir, únicamente el 1% del total de los vehículos del país son eléctricos, híbridos o de hidrógeno. De estos 228.000 cabe destacar que el 73,6% son híbridos (168.000 unidades), el 26,3% son eléctricos (60.000 unidades) y menos del 1% funcionan con hidrógeno (100 unidades).

Para poder favorecer y promocionar la compra de vehículos respetuosos con el medio ambiente (BEV – Battery Electric Vehicle, HEV – Hybrid Electric Vehicle, PHEV – Plug-in Hybrid Electric Vehicle, FCEV – Fuel Cell Electric Vehicle y MHEV – Mild Hybrid Electric Vehicle) se han diseñado varias medidas en forma de incentivos que se explicarán a continuación, inspiradas en países pioneros en aplicar estas medidas como Noruega y Suecia.

- **Reducción de impuestos.** Se propone que las personas que compren vehículos eléctricos estén exentas de pagar los impuestos que se pagan al comprar un coche convencional, además del IVA que actualmente es de entre el 10 y 15% en Corea. En la Figura 7.1.2.1 se puede ver cómo afecta esta medida actualmente en Noruega, teniendo en cuenta que el IVA (VAT en inglés) en el país es del 25%.

	Golf (highline, 115 hp)	e-Golf
Price before taxes	23 434	34 600
CO2 tax (109 g/km)	4 330	-
NOx tax	243	-
Weight tax	1 830	-
Scrapping fee	250	250
25% VAT	5 858	-
<b>Retail price</b>	<b>35 945 €</b>	<b>34 850 €</b>

**Figura 7.1.2.1.** Precio Golf vs e-Golf en Noruega, año 2018. (Fuente: <https://insideevs.com/>)

En la Figura 7.1.2.1 se puede ver que el Retail Price (precio al por menor) del coche Volkswagen Golf eléctrico (e-Golf) es ligeramente más barato que el mismo modelo no eléctrico. Este precio competitivo se ha conseguido eliminando los impuestos de compra que tiene un coche convencional, que son los siguientes: impuesto de CO2, impuesto de NOx, impuesto de peso e IVA.

El hecho de tener precios competitivos facilita e impulsa la compra de EV (vehículos eléctricos, por sus siglas en inglés - Electric Vehicles) en grandes cantidades.

Además, también se propone que los propietarios de coches eléctricos estén exentos de pagar el impuesto de circulación anual.

- **Beneficios logísticos.** Se propone que los EV puedan aparcar de forma gratuita en todos los párquines municipales del país. Además, se propone diseñar calles de aparcamiento de “zona verde”, en la que únicamente pueden estacionar EV. También se propone que los EV puedan circular por el carril bus y que se establezcan puntos de carga gratuitos a lo largo del país, sobre todo en las grandes ciudades como Busan o Seúl, ya que es dónde reside más de la mitad de la población del país.
- **Compra de EV para la administración.** En este punto se propone que la administración del país promueva la compra de los EV haciendo compra de estos. Es decir, todos los vehículos que deban renovarse que sean para funciones administrativas y agencias públicas deben ser respetuosos con el medio ambiente. De esta forma, también se realiza concienciación ciudadana.



Cabe remarcar que, para poder llevar a cabo estas medidas de una forma satisfactoria, hay que crear estructura física para que la evolución sea posible. Esto implica que se construya infraestructura de recarga de los vehículos de acuerdo con el aumento de ventas de EV. Hoy en día hay 337 unidades de carga eléctrica y 10 estaciones de hidrógeno en todo el país. Estos números deben crecer proporcionalmente con la venta de los EV.

### **7.1.3. Aplicar medidas a las 59 plantas de generación eléctrica que funcionan con carbón que hay en el país**

Antes de describir las medidas propuestas, hay que remarcar que 59 plantas suministran el 45% de la electricidad que consume el país y que hay 10 de las 59 plantas que se consideran antiguas y altamente contaminantes. Estas 10 plantas viejas generan el 10,6% del total de la energía que proviene de todas las plantas de generación eléctrica que funcionan con carbón.

También es necesario destacar que se han aplicado medidas temporales, en general durante la campaña electoral, para reducir el efecto de las emisiones de las 10 plantas viejas que hay en funcionamiento. Estas medidas básicamente han tratado en cerrar varias plantas (se han llegado a cerrar 8 plantas) durante un período de tiempo determinado (el cuál ha sido de un mes como máximo). Además, estas medidas se han aplicado únicamente en época de campaña electoral y/o en los episodios de contaminación extrema temporal que ha sufrido el país. Por tanto, y una vez más, se considera que estas medidas no son más que un parche a la problemática actual. Por este motivo, se proponen realizar las siguientes acciones:

- **Adaptación y/o reemplazo de las 10 plantas viejas actuales.** Para empezar, se propone que las plantas que actualmente contaminan más (las 10 plantas más viejas) se adapten para funcionar con otras fuentes de energía, como LNG (Liquefied Natural Gas) o Biocarburantes. En caso de que no sea rentable la adaptación, se debe considerar el reemplazo de estas. Hay que ser consciente de que no es viable aplicar esta medida a las 59 plantas que hay funcionando actualmente. Por este motivo, a día de hoy, se propone únicamente aplicarla a las 10 plantas viejas.
- **Modernizar las 49 plantas restantes.** Se propone que las 49 plantas restantes se modernicen para que contaminen menos. Se propone, para empezar, reformar o reemplazar los aparatos de desulfuración y nitruración, para maximizar su rendimiento. Además, se propone que aumente la inversión en aparatos de reducción de emisiones de SOx, NOx y polvo.

#### **7.1.4. Aumentar la utilización de fuentes respetuosas con el medio ambiente**

En este punto se propone que se aumente el uso de energía respetuosa con el medio ambiente a nivel global. También se recomienda que se promocióne este tipo de usos, para crear concienciación ciudadana. Se considera que si se aplica este punto correctamente se pueden reducir costos ambientales (polución del aire) y conflictos sociales. Para llevar a cabo correctamente esta medida, se propone lo siguiente:

- Cuando se formule el próximo plan de oferta y demanda de energía eléctrica, se disminuya la proporción de energía alimentada con carbón y se aumente la proporción de energía alimentada con fuentes renovables.
- A partir del próximo año 2020, las máquinas que se deban reemplazar en los vertederos (zonas de alta creación de polución) deben funcionar con energía renovable. Se debe fomentar la utilización de energía verde, implementando y construyendo campos de placas fotovoltaicas, por ejemplo.

#### **7.1.5. Cambiar los buses antiguos por buses que funcionen que gas natural comprimido o electricidad**

De acorde con los datos que facilita el Ministerio de Medio Ambiente, de los 50.000 buses que hay en circulación en el país, únicamente 27.000 funcionan con gas natural comprimido - llamado CNG, por sus siglas en inglés. Por tanto, se propone:

- Promocionar la renovación gradual de la flota de autobuses de la ciudad para que en un período de 10 años todos los buses funcionen con CNG o electricidad. Para realizar efectivamente este punto, se propone que se acorte relativamente la vida útil de los buses diésel que hay actualmente en funcionamiento. Es decir, si la vida útil de un bus diésel es de 15 años, se propone que este pase a ser de 10 años, para así renovar la flota de autobuses a un ritmo más acelerado del previsto.
- Construir infraestructura para que el punto anterior se pueda llevar a cabo correctamente. Esto implica construir áreas de servicio exclusivamente para buses CNG/eléctricos, crear las regulaciones correspondientes y considerar soporte financiero.

## 7.2. Reducción de las emisiones debidas a fuentes externas

En este apartado, se explicarán las medidas que se proponen para reducir las emisiones debidas a fuentes externas.

Se considera que es necesario observar lo que ya se ha realizado en el pasado en otros países, como por ejemplo el acuerdo el Air Quality Agreement (AQA) que se adoptó entre Canadá y Estados Unidos en 1991, que consiguió reducir más del 40% de las emisiones de NO<sub>x</sub> y más del 50% de las emisiones de SO<sub>x</sub> en ambos países, comparando los valores de emisiones en 1990 y 2014. Este trabajo también se ha inspirado en los protocolos e iniciativas aplicados en el “Convenio sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia” o CLRTAP – por sus siglas en inglés - aplicados por la “Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa” o UNECE – por sus siglas en inglés.

Por tanto, dada la situación geográfica de Corea, se considera totalmente necesario tomar medidas correctivas en conjunto con los países que está alrededor de Corea, ya que también son partícipes en la problemática, principalmente China y Japón.

Es necesario añadir que actualmente existen varios programas entre estos países, como por ejemplo la Reunión Tripartita de los Ministros Ambientales o TEMM – por sus siglas en inglés – en la que participan China, Japón y Corea anualmente desde 1999; la investigación conjunta que se realiza en Pekín para frenar la contaminación entre Corea y China; y el acuerdo bilateral entre Japón y Corea para reducir las emisiones de PM<sub>2.5</sub>. También existe, a nivel regional, la “Acid Deposition Monitoring Network in East Asia” o EANET; y la “Long-range Transboundary Air Pollutants in Northeast Asia” o LTP.

Una vez más, se considera que estos programas ya existentes no están dando el nivel de soluciones que deberían estar dando, dado la gran envergadura del problema. Por este motivo, se propone crear un acuerdo diplomático entre el gobierno de Corea del Sur y el gobierno de la República popular China.

Los motivos para crear un acuerdo entre ambos países son los siguientes:

- Conocimiento de que de que la contaminación atmosférica transfronteriza puede causar daños importantes a los recursos de vital importancia ambiental, cultural y económica, y para la salud en ambos países.

- El deseo conjunto de que las emisiones de contaminantes derivados de fuentes locales no den lugar a una contaminación transfronteriza significativa.
- Conocimiento de que la contaminación atmosférica transfronteriza puede reducirse efectivamente a través de acciones cooperativas entre ambos países. Ya que sumando esfuerzos se pueden obtener resultados más contundentes.
- Ya se han realizado previamente acuerdos para controlar la contaminación y la calidad del aire que han dado resultados satisfactorios.
- También se pretende abordar cuestiones relacionadas con el aire de carácter mundial, como el cambio climático y la disminución de la capa de ozono.

Además, tal y como se describió en el Principio 21 de la Declaración de Estocolmo de 1972, “Los estados tienen, en conformidad con la Carta de las Naciones Unidas y los principios del derecho internacional, el derecho soberano a explotar sus propios recursos de acuerdo con sus propias políticas ambientales, y la responsabilidad de garantizar que las actividades dentro de su jurisdicción o control no causen daños al medio ambiente de otros Estados o de áreas más allá de los límites de la jurisdicción nacional”. Ambos países mencionados previamente, Corea y China, se asume que son conscientes de esta declaración y por tanto se considera que deben unir fuerzas para encontrar soluciones a su problemática.

Para hacerlo posible, se ha fijado el objetivo común de controlar y reducir la contaminación transfronteriza entre ambos países, realizando las siguientes tareas:

- Cada país debe establecer objetivos específicos y realistas que se comprometa a alcanzar.
- Cada país debe adoptar los programas y medidas convenientes para conseguir los objetivos específicos. En el caso de Corea, se han descrito previamente, en el apartado 7.1.
- Cada país, según corresponda y lo exijan sus leyes, reglamentos y políticas, debe evaluar las acciones, actividades y proyectos que puedan causar contaminación atmosférica dentro del área bajo jurisdicción. Ambos países deben tener un canal de comunicación para encontrar propuestas y soluciones conjuntas a las situaciones que se han descrito en este punto.
- Ambos países continuarán realizando investigación para posibles soluciones en Pekín tal y como se está haciendo hoy en día. Se propone que ambos países aumenten al menos un 10% la inversión en esta investigación conjunta.

- Ambos países se comprometen a compartir información sobre: monitoreo; emisiones; tecnologías, medidas y mecanismos para controlar emisiones; procesos atmosféricos; y efectos que tienen los contaminantes. Para hacerlo posible, ambas partes:
  - Coordinarán las redes existentes de monitoreo
  - Añadirán redes o estaciones de monitoreo donde sea necesario
  - Utilizarán los mismos formatos y procedimientos para manejar la información, además del mismo idioma
  - Intercambiarán toda información relevante para reducir las emisiones
- Ambos países se responsabilizan de realizar informes cada 2 años, a partir del próximo año 2020, para evaluar la eficacia de la implementación de estas medidas.

### **7.3. Aumentar la concienciación nacional**

Los objetivos de crear concienciación nacional son los siguientes:

- Mejorar la comprensión pública de las fuentes de contaminación del aire, tanto en espacios interiores como en exteriores.
- Crear conciencia de cómo la contaminación del aire afecta a la salud humana.
- Explicar algunas de las cosas sencillas que todas las personas pueden hacer para reducir la contaminación del aire.
- Motivar a las personas a para que elijan un estilo de vida que ayude a proteger el medio ambiente y la salud humana.

Se considera que las elecciones de las personas tienen un papel de gran importancia en la lucha contra la contaminación del aire. Elegir conducir menos, cambiar a vehículos eléctricos y quemar menos combustible en casa, por ejemplo, puede ayudar a reducir la contaminación drásticamente.

Se considera que los canales para crear una correcta concienciación nacional son los siguientes:

- Portal de información online. Debe estar disponible su acceso vía web y vía aplicación móvil. Se debe incluir toda la información sobre la polución disponible además de pequeñas guías de actos que la gente puede hacer para reducir la contaminación.
- Cara a cara. Se propone que el gobierno financie y promocióne la financiación de organizaciones públicas y privadas que se dediquen a montar campañas y stands con información para reducir la contaminación.

- Prensa y redes sociales. A través de historias en los medios de comunicación y campañas en las redes sociales, se generará más interés público, se promoverá el comportamiento de reducción de la contaminación y se fomentará el intercambio de información sobre calidad del aire y salud.

En otros países o regiones como por ejemplo Reino Unido, ya se han realizado campañas para reducir la contaminación. En la Figura 7.3.1 se puede ver uno de los carteles publicitarios que se encontraba en la entrada de la ciudad de Manchester. La traducción del inglés al español es: “Visite Manchester! Carreteras tan contaminadas que te dejarán sin respiración”. En la Figura 7.3.2 se puede ver uno de los carteles publicitarios que se encontraba en varias líneas de metro de la ciudad de Manchester. La traducción del mensaje principal del inglés al español es: “El aire sucio no deja espacio para crecer”



**Figura 7.3.1.** Cartel reducción contaminación en Manchester. (Fuente: <https://dribbble.com>)



**Figura 7.3.2.** Cartel reducción contaminación en Manchester. (Fuente: <https://airqualitynews.com>)

Los consejos y recomendaciones que se incluirían en los canales de comunicación, que permitiría a la gente tener conocimiento de acciones correctivas, se describen a continuación.

### **Respecto a la movilidad con vehículos:**

1. Conducción eficiente y vehículos de bajas emisiones.
2. Ahorrar dinero y gasolina realizando viajes utilizando el share-driving, mediante aplicaciones como BlaBlaCar.
3. Evitar largas colas con el motor del vehículo encendido, como en los lugares de comida rápida. También cuando se espera a alguien en algún lugar con el coche encendido, como por ejemplo en el aeropuerto. En la Figura 7.3.3 se puede ver un ejemplo de cartel en el aeropuerto de Heathrow, en Londres, para recordar a la gente sobre la contaminación.



**Figura 7.3.3.** Cartel en aeropuerto de Heathrow (Fuente: <https://www.facebook.com/>)

4. Cuando sea posible, se recomienda andar, ir en bicicleta, compartir el vehículo o usar el transporte público.
5. Realizar las revisiones de mantenimiento de forma adecuada (especialmente para bujías, cambios de aceite y filtros de aire).
6. Mantener los neumáticos correctamente inflados y alineados.
7. Utilizar aceites de motor de conservación de energía (EC por sus siglas en inglés).

### **Respecto al exterior:**

1. Minimizar la actividad en el exterior cuando los niveles de contaminación son excesivamente elevados.
2. Minimizar el uso de máquinas para cortar el césped del que funcionen con gasolina, sobre todo en episodios de alta contaminación.

**Respecto a las compras en tiendas:**

1. Comprar productos respetuosos con el medio ambiente como los productos *Energy Star*, que incluyen iluminación y electrodomésticos de bajo consumo.
2. Elegir productos que tengan poco envoltorio y sean reciclables.
3. Ir a comprar con una bolsa reutilizable en lugar de usar papel y bolsas de plástico.
4. Comprar pilas recargables para dispositivos de uso frecuente.

**Respecto a las casas particulares:**

1. Consultar los pronósticos diarios de calidad del aire.
2. Considerar reemplazar las estufas de leña viejas con modelos certificados por la EPA. Para
3. Apagar los aparatos electrónicos y las luces cuando no se están usando.
4. Utilizar bombillas de bajo consumo.
5. Reciclar papel, plástico, botellas de vidrio, cartón y latas de aluminio para ahorrar energía.
6. Comprar “electricidad verde” producida en instalaciones que no contaminan tanto como otras.
7. Poner un temporizador para las luces exteriores o usar iluminación solar.
8. Lavar la ropa con agua fría o tibia únicamente.
9. Usar pinturas y tintes es con bajo contenido de COV (Compuestos Orgánicos Volátiles) o de base acuosa.

Con estas propuestas se pretende influir directamente en el comportamiento de las personas, ya que las pequeñas acciones en conjunto son las que acaban marcando la diferencia. Si se aplican correctamente estas medidas, se conseguirá reducir la contaminación del aire de forma indirecta y también se reducirán gastos económicos.



## Conclusiones

Es necesario empezar las conclusiones del presente proyecto mencionando el hecho de que no se ha incluido un apartado de impacto ambiental ya que el carácter de este trabajo es esencialmente ambiental. Por tanto, se considera que dicho apartado no es necesario, ya que queda recogido en el anterior capítulo, número 7, y en las presentes conclusiones.

En cuanto a la elaboración de este proyecto, se ha podido descubrir el mundo de la contaminación, especialmente en Corea del Sur, ya que el trabajo ha girado en torno a este país, al haberme encontrado residiendo en Corea durante la elaboración del trabajo. Es necesario mencionar que el estudio se ha centrado en la contaminación atmosférica, ya que es la que tiene un impacto más directo en las personas hoy en día.

En la fase inicial del proyecto, se ha dado una visión global de Corea, ya que se ha considerado que es un país no muy conocido a nivel mundial, hecho que incita a dar una breve introducción a la cultura, economía e historia del país, y más teniendo en cuenta que ha podido ser descrito basado en mi experiencia personal.

En la segunda fase del proyecto, se ha entrado en la materia de la contaminación. Se han explicado los conocimientos teóricos para comprender correctamente la envergadura que tiene el problema de la contaminación en una escala global, además de los fundamentos para poder entender y analizar la situación actual. En esta segunda fase, también se ha explicado el fenómeno de la contaminación del aire en Corea, con el objetivo de transmitir al lector la importancia de la problemática y la necesidad de realizar acciones para frenar este gran problema. Para finalizar adecuadamente esta fase del proyecto, se ha dado una breve explicación de los agentes que salen ganando con la contaminación, además de las tecnologías y direcciones que está marcando el mercado hoy en día.

La tercera y última fase del presente proyecto, la parte práctica, ha consistido en diseñar un programa de medidas correctivas que el gobierno de Corea del Sur podría adoptar para ayudar a frenar la contaminación atmosférica de una forma más veloz, eficiente e inteligente. Se han propuesto medidas realistas que ayudan a solucionar el problema desde la raíz, ya que es por dónde deben ser atacadas estas problemáticas de tal calibre.

Cabe destacar que en la elaboración de este proyecto se ha seguido un procedimiento iterativo, en el que se han ido considerando opciones y propuestas a seguir y, tras ser analizadas, se ha considerado si seguir adelante o no con dichas propuestas e ideas.

Ya terminando estas conclusiones, es importante tener en cuenta que el hecho de haber estudiado ingeniería mecánica me ha ayudado y facilitado el hecho de realizar análisis, comparativas y toma de decisiones; además de la facilidad para entender hechos de carácter científico y matemático.



## Presupuesto y/o Análisis Económico

Teniendo en cuenta que este trabajo de final de grado es de carácter investigativo, se ha realizado un presupuesto suponiendo que el gobierno de Corea del Sur ha contratado a una consultoría coreana para realizar este proyecto. Por tanto, partiendo de los siguientes datos, se ha determinado el precio del proyecto:

- Salario medio ingeniero con menos de 2 años de experiencia: **26.000€ brutos / año**
- Días laborables año 2019: **250 días**
- Horas trabajadas por día laboral: **8 horas**

Por tanto, el precio bruto por hora es de  $\frac{26.000\text{€ brutos/año}}{250 \text{ días} \cdot 8 \text{ horas}} = \mathbf{13\text{€ brutos / hora}}$

- Horas invertidas en el proyecto: **500 horas**

Por tanto, el coste de personal para este proyecto es de  $(13\text{€ brutos / hora}) \cdot (500\text{h}) = \mathbf{6.500\text{€}}$

Por último, hay que tener en cuenta que la suma total de otros gastos que incluyen la visita a la exposición ENVEX (**50€** incluyendo dietas, transporte y entrada) más una estimación de los gastos derivados que produce un empleado en una empresa durante las 500 horas invertidas en el proyecto (**1000€** incluyendo alquiler de la oficina, material, electricidad, etc.)

Por tanto, el coste de la empresa de realizar este proyecto es de **7.550€**.

Aplicando un 30% d margen de beneficio para la empresa, la cotización para el gobierno de Corea del Sur por la realización de este proyecto sería de **9.815€**, y el beneficio neto para la empresa derivado de este proyecto sería de 2.265€.



## Bibliografía

ACNUR Comité Español. ¿Qué tipos de contaminación existen y qué puedes hacer tú? ACNUR, diciembre 2018. [Consulta: 12 abril 2019].

Disponible en: <<https://eacnur.org/blog/que-tipos-de-contaminacion-existen/>>

Air Korea. Annual Air Quality Trends. [Consulta: 20 marzo 2019]

Disponible en: <[https://www.airkorea.or.kr/eng/annualAirQualityTrends?pMENU\\_NO=161](https://www.airkorea.or.kr/eng/annualAirQualityTrends?pMENU_NO=161)>

Al Jazeera and News Agencies. South Korea plans artificial rain to reduce Seoul air pollution. Al Jazeera, marzo 2019. [Consulta: 15 marzo 2019]

Disponible en: <<https://www.aljazeera.com/news/2019/03/south-korea-plans-artificial-rain-reduce-seoul-air-pollution-190306095309023.html>>

Bradley Berman. Lessons from Norway: Dispatch from Electric Car Revolution. Inside EVs, 1 marzo 2019. [Consulta: 13 junio 2019]

Disponible en: <<https://insideevs.com/news/343106/lessons-from-norway-dispatch-from-electric-car-revolution/>>

Bryan Harris and Kang Buseong. South Korea joins ranks of world's most polluted countries. Financial Times, Seoul, marzo 2017. [Consulta: 18 abril 2019]

Disponible en: <<https://www.ft.com/content/b49a9878-141b-11e7-80f4-13e067d5072c>>

Cho Soo Bin. 66% out of 90.000 vehicles operated by the government is diesel cars. HKBS, 27 marzo 2019. [Consulta: 10 junio 2019]

Disponible en: <<http://www.hkbs.co.kr/news/articleView.html?idxno=506183>>

Cho Soo Bin. Ministry of Environment to provide financial support for owners of diesel cars to purchase LPG one-ton trucks. HKBS, 1 enero 2019. [Consulta: 10 junio 2019]

Disponible en: [<http://www.hkbs.co.kr/news/articleView.html?idxno=495944>]

Climate Action. South Korea to close 8 coal plants to reduce pollution. [Consulta: 17 junio 2019]

Disponible en: <<http://www.climateaction.org/news/south-korea-to-close-8-coal-plants-to-reduce-pollution>>

Daphne Rousseau. How European cities are battling diesel-polluted air. PHYS, 9 octubre 2019. [Consulta: 6 junio 2019]

Disponible en: <<https://phys.org/news/2018-10-european-cities-diesel-polluted-air.html>>

David Kang. South Korea's environmental ambition tackles the coal challenge. Powering Past Coal Alliance, 11 diciembre 2018. [Consulta: 5 junio 2019]

Disponible en: < <https://poweringpastcoal.org/insights/policy-and-regulation/south-koreas-environmental-ambition-tackles-coal-challenge>>

Drew Kodjak. Policies to reduce fuel consumption, air pollution, and carbon emissions from vehicles in G20 nations. The ICCT, mayo 2015. [Consulta: 8 junio 2019]

Disponible en: <[https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_G20-briefing-paper\\_Jun2015.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_G20-briefing-paper_Jun2015.pdf)>

Elise Hu. Armed with NASA data, South Korea confronts its choking smog. National Public Radio, October 2017. [Consulta: 18 abril 2019]

Disponible en: < <https://www.npr.org/sections/parallels/2017/10/10/552264719/armed-with-nasa-data-south-korea-confronts-its-choking-smog>>

Erik Cornelius. An In Depth Look at Korea's Air Pollution Crisis. Bright Shiny Robot, 27 mayo 2019. [Consulta: 3 junio 2019]

Disponible en: <<https://brightshinyrobot.com/2019/05/koreas-air-pollution-crisis/>>

Greenpeace International. Latest air pollution data ranks world's cities worst to best. Greenpeace, 5 marzo 2019. [Consulta: 20 marzo 2019]

Disponible en: < <https://www.greenpeace.org/international/press-release/21193/latest-air-pollution-data-ranks-worlds-cities-worst-to-best/>>

Hannah Rictchie, Max Roser. Air pollution. Our World in Data, abril 2017. Abril 2019. [Consulta: 5 mayo 2019]

Disponible en: < <https://ourworldindata.org/air-pollution>>

Helen Coffey. Seoul offers free public transport to tackle excessive air pollution. Independent, 17 enero 2018. [Consulta: 20 mayo 2019]

Disponible en: <<https://www.independent.co.uk/travel/news-and-advice/seoul-free-public-transport-reduce-air-pollution-smog-south-korea-government-commuting-hours-a8163741.html>>

IQAir Air Visual. World most polluted cities 2018 (PM2.5). [Consulta: 20 marzo 2019]

Disponible en: < <https://www.airvisual.com/world-most-polluted-cities?continent=&country=&state=&page=1&perPage=50&cities=>>

Jerry A. Nathanson. Pollution. Encyclopedia Britannica, febrero 2019. [Consulta: 04 abril 2019]

Disponible en: < <https://www.britannica.com/science/pollution-environment> >

Lim Yoo-jin. Extra budget bill to encourage scrapping 200.000 additional old diesel cars. Asia Today, 19 abril 2019. [Consulta: 10 junio 2019]

Disponible en: < <http://en.asiatoday.co.kr/view.php?key=20190419000914155> >

Noelia López. EV, BEV, PHEV... ¿Qué significan las siglas de los coches eléctricos? Auto Bild, 17 enero 2018. [Consulta: 13 junio 2019]

Disponible en: < <https://www.autobild.es/practicos/ev-bev-phev-que-significan-siglas-coches-electricos-185446> >

Ock Hyun-ju. What is S. Korea doing to combat fine dust pollution? The Korea Herald, 14 febrero 2019. 5 marzo 2019. [Consulta: 17 marzo 2019]

Disponible en: < <http://www.koreaherald.com/view.php?ud=20190214000358> >

Oscar Castellero Mimenza. Los 10 tipos de contaminación (y efectos en el ecosistema). Psicología y mente. [Consulta: 10 abril 2019].

Disponible en: < <https://psicologiaymente.com/miscelanea/tipos-de-contaminacion> >

Peter Mock. Gasoline vs. Diesel passenger car CO2 emissions. The ICCT, 7 mayo 2019. [Consulta: 15 junio 2019]

Disponible en: < <https://www.theicct.org/publications/fact-sheet-gasoline-vs-diesel-car-co2-emission> >

Sarah Smith. The global Smart air purifiers market is expected to reach \$11.403,0 million by 2025, from \$4.510,0 million in 2017, growing at a CAGR of 12,2% from 2018 to 2025. PR News Wire, 29 noviembre 2018. [Consulta: 3 junio 2019]

Disponible en: < <https://www.prnewswire.com/news-releases/the-global-smart-air-purifiers-market-is-expected-to-reach-11-403-0-million-by-2025--from-4-510-0-million-in-2017--growing-at-a-cagr-of-12-2--from-2018-to-2025--300757810.html> >

Ssunha. [Seoul's News] Seoul City Strives to Reduce Fine Dust. Seoul Solution, 13 abril 2017. [Consulta: 6 junio 2019]

Disponible en: < <https://seoulsolution.kr/en/content/seouls-news-seoul-city-strives-reduce-fine-dust> >



U.S. Embassy Seoul. Korea – Air Pollution Control. Export U.S, 9 junio 2018. [Consulta: 15 mayo 2019]  
Disponibile en: < <https://www.export.gov/article?id=Korea-Air-Pollution-Control>>

US EPA. Agreement Between the Government of the United States of America and the Government of Canada on Air Quality. [Consulta: 7 junio 2019]  
Disponibile en: < [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/agreement\\_between\\_the\\_government\\_of\\_the\\_united\\_states\\_of\\_america\\_and\\_the\\_government\\_of\\_canada\\_on\\_air\\_quality.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/agreement_between_the_government_of_the_united_states_of_america_and_the_government_of_canada_on_air_quality.pdf)>

Wikipedia. Plug-in electric vehicles in Norway. [Consulta: 15 junio 2019]  
Disponibile en: < [https://en.wikipedia.org/wiki/Plug-in\\_electric\\_vehicles\\_in\\_Norway#Government\\_goals\\_and\\_incentives](https://en.wikipedia.org/wiki/Plug-in_electric_vehicles_in_Norway#Government_goals_and_incentives)>

World Health Organization. Ambient air pollution: Pollutants. Department of Public Health, Environmental and Social Determinants of Health (PHE). Switzerland. [Consulta: 15 abril 2019]  
Disponibile en: <<https://www.who.int/airpollution/ambient/pollutants/en/>>

World Health Organization. WHO Global Ambient Air Quality Database (update 2018). Department of Public Health, Environmental and Social Determinants of Health (PHE). Switzerland. [Consulta: 20 abril 2019] Disponible en: <<https://www.who.int/airpollution/data/cities/en/>>

Yonhap News Agency. Air pollution causes 17.000 deaths in S. Korea in 2017: study. 4 abril 2019. [Consulta: 10 mayo 2019]  
Disponibile en: < <https://en.yna.co.kr/view/AEN20190404010800315>>

Yoo Hong. Old diesel cars banned from operating to fight fine dust pollution. Arirang, 15 febrero 2019. [Consulta: 11 junio 2019]  
Disponibile en: < [http://www.arirang.co.kr/News/News\\_View.asp?nseq=231624](http://www.arirang.co.kr/News/News_View.asp?nseq=231624)>

Young Sook. Air quality measures. ESCAP, diciembre 2016. [Consulta: 3 junio 2019]  
Disponibile en: <[https://www.unescap.org/sites/default/files/Session%201.1.%20Youngsook%20Yoo\\_ROK.pdf](https://www.unescap.org/sites/default/files/Session%201.1.%20Youngsook%20Yoo_ROK.pdf)>